



**ESCUELA DE POSGRADO**

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**Gestión de crecimiento y silvicultura urbana para la  
captura de carbono (CO<sub>2</sub>) de los Distritos de San Martín de  
Porres, Los Olivos y Comas, Lima 1980 – 2015**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**Doctor en Gestión Pública y Gobernabilidad**

**AUTOR:**

M. Sc. Abner Chávez Leandro

**ASESOR:**

Dr. Noel Alcas Zapata

**SECCIÓN:**

Ciencias Administrativas

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Medio Ambiente y Gobernabilidad

**LIMA – 2018**

**Página del jurado**

**Dr. César Humberto Del Castillo Talledo**

**Presidente**

**Dra. Milagros Rodríguez Rojas**

**Secretario**

**Dr. Noel Alcas Zapata**

**Vocal**

### **Dedicatoria**

A la memoria de mi esposa María Antonieta, a mis hijos, nietos y mi maravillosa familia que siempre constituyen los pilares de la unión y la felicidad por más distante que se encuentren.

Abner

### **Agradecimiento**

A mi colegas docentes de Ingeniería Ambiental y los egresados de las tres primeras promociones de Ingenieros Ambientales de la UCV Lima Norte, a mis colegas de las Oficinas de Investigación de pre y postgrado por sus consideraciones; a mis amigos Heraclio Campana y Denis Vargas para quienes soy su Abnercha y a mi asesor de Tesis amigo y colega Noel Alcas Zapata pos su apoyo invaluable.

Abner

### **Declaratoria de autenticidad**

Yo, Abner CHAVEZ LEANDRO, estudiante del Programa de Doctorado en Gestión Pública y Gobernabilidad de la Escuela de Postgrado de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 22469265, con la tesis titulada: Gestión de crecimiento y silvicultura urbana para la Captura de Carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, 1980 - 2015.

Declaro bajo juramento que:

- 1) Esta tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis es original y no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos 10 de noviembre 2017.

Firma.....

DNI: 22469265

## Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento a las normas establecidas en el reglamento de grados y títulos para optar el grado de doctor en Gestión Pública y Gobernabilidad de la Universidad César Vallejo, se pone a su disposición la presente tesis titulada “Gestión de crecimiento y silvicultura urbana en la Captura de Carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, 1980 - 2015”.

Esta investigación está dividida en ocho capítulos: En el Capítulo I contiene los antecedentes, el marco teórico de las tres variables, incluye formulación del problema, los objetivos y la hipótesis. En el Capítulo II: la parte metodológica donde se considera las definiciones conceptuales de ambas variables, el contexto geopolítico, el diseño, población y muestra, las técnicas e instrumentos que se utilizaron para recolectar datos y los métodos de análisis. En el Capítulo III: Se presentan los resultados obtenidos después del trabajo de campo y gabinete en lo que corresponde. Los demás capítulos de acuerdo al esquema de presentación de los trabajos de investigación sustentada como tesis para la graduación en la Escuela de Posgrado a nivel de Doctorado que ofrece la Universidad César Vallejo en la sede central y las sedes de Lima Norte.

El autor

## Índice

	<b>Página</b>
Página de jurado	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
Resumo	xiv
<b>I. Introducción</b>	<b>15</b>
1.1. Realidad problemática	16
1.2. Trabajos previos	18
1.2.1 Trabajos previos internacionales	18
1.2.2 Trabajos previos nacionales	25
1.3. Teorías relacionadas al tema	28
1.3.1 Gestión del crecimiento	28
1.3.2 Silvicultura urbana y arboricultura	29
1.3.3 Captura de carbono y calidad del aire	37
1.4. Formulación del problema	47
1.4.1 Problema general	47
1.4.2 Problemas específicos	48
1.5. Justificación del estudio	48
1.6. Hipótesis	50
1.6.1 Hipótesis general	50
1.6.2 Hipótesis específicas	50

1.7	Objetivos	51
1.7.1	Objetivo general	51
1.7.2	Objetivos específicos	52
<b>II.</b>	<b>Método</b>	<b>53</b>
2.1	Diseño de investigación	55
2.2	Variables, operacionalización	59
2.2.1	Gestión del crecimiento	59
2.2.2	Silvicultura urbana	60
2.2.3	Captura de carbono	60
2.2.4	Operacionalización de variables	62
2.3	Población, muestra	61
2.3.1	Población	61
2.3.2	Muestra	63
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63
2.5	Método de análisis de datos	65
2.6	Aspectos éticos	66
<b>III.</b>	<b>Resultados</b>	<b>67</b>
3.1	Resultados descriptivos	68
3.2	Resultados inferenciales	77
<b>IV.</b>	<b>Discusión</b>	<b>88</b>
<b>V.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>95</b>
<b>VI.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>98</b>
<b>VII.</b>	<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>100</b>
<b>VIII.</b>	<b>Anexos</b>	<b>107</b>
	Anexo 1. Artículo científico	108
	Anexo 2. Matriz de consistencia	134
	Anexo 3. Registros base para los cálculos a partir de la imagen satelital de la información geográfica de 1980 – 2015	136
	Anexo 4. Base de datos biodiversidad y estimaciones biométricas	138
	Anexo 5. Mapa de Lima Norte	142



## Índice de tablas

	<b>Página</b>
Tabla 1: Arbolado de ciudades según censos de viarias especies georreferenciados en relación a poblaciones	30
Tabla 2: Operacionalización de variables	61
Tabla 3: Medidas de posición y variación de la expansión urbana (m <sup>2</sup> ) en un período de 40 años de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en Lima Norte.	68
Tabla 4: Medidas de posición y variación de la cubierta vegetal (m <sup>2</sup> ) en un período de 40 años de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en Lima Norte.	70
Tabla 5: Medidas de posición y variación de la diversidad de especies del arbolado urbano en el período actual de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en Lima Norte.	72
Tabla 6: Medidas de posición y variación de la captura de carbono (kg/m <sup>2</sup> /año) del arbolado urbano período quinquenal de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.	73
Tabla 7: Medidas de posición y variación de la captura de carbono (kg/m <sup>2</sup> ) en el período actual de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en Lima Norte	73
Tabla 8: Prueba de regresión múltiple de la extensión y silvicultura urbana en la captura de carbono de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en período 1980 – 2015.	76
Tabla 9: Prueba de análisis de variancia (ANOVA) de la expansión y silvicultura urbana en la captura de carbono de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en período 1980 – 2015.	77
Tabla 10: Prueba de regresión lineal múltiple de la gestión en expansión y silvicultura urbana para la captura de carbono de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en período 1980 – 2015.	78
Tabla 11: Prueba de ANOVA de la expansión urbana de los distritos de San	79

Martin de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)	
Tabla 12: Prueba de HASD de Tukey de la expansión urbana (Ha) de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)	79
Tabla 13: Prueba de ANOVA de la silvicultura urbana de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980-2015)	79
Tabla 14: Prueba de HASD de Tukey de la silvicultura urbana (Ha) en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)	80
Tabla 15: Prueba de ANOVA de la captura de carbono de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)	81
Tabla 16: Prueba de HASD de Tukey de la captura de carbono de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)	81
Tabla 17: Prueba de ANOVA de la biodiversidad de la silvicultura urbana en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)	82
Tabla 18: Prueba de HASD de Tukey de la biodiversidad de la silvicultura urbana de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)	83
Tabla 19: Prueba de ANOVA de la captura de carbono actual de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas	84
Tabla 20: Prueba de HASD de Tukey de la captura de carbono actual de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.	84

## Índice de figura

	<b>Página</b>
Figuras 1: Ubicación geográfica de los distritos San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, en Lima Norte.	57
Figuras 2: Clasificación del uso de la tierra en la expansión urbana y la realidad de la silvicultura del año 1986 en el territorio de Lima Norte	68
Figuras 3: Tendencia del crecimiento y expansión del área urbana en el período de 40 años de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima.	69
Figuras 4: Clasificación del uso de la tierra en la expansión urbana y la realidad de la silvicultura del año 1996 en el territorio de Lima Norte	70
Figuras 5: Tendencia de la pérdida del área de la silvicultura urbana en un periodo de 40 años en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima.	71
Figura 6: Clasificación del uso de la tierra en la expansión urbana y la realidad de la silvicultura del año 2016 en el territorio de Lima Norte	72
Figura 7: Tendencia de la diversidad de especies del arbolado con número de plantas por especies en el período actual de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima.	73
Figura 8: Tendencia de captura de carbono del arbolado en un período quinquenal de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en Lima Norte.	75
Figura 9: Tendencia de la captura de carbono del arbolado actual en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima.	76

## Resumen

Esta investigación titulada Gestión del crecimiento y silvicultura urbana para la Captura de Carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, 1980 – 2015, desarrollado como investigación de tipo aplicada, el diseño no experimental longitudinal periódica por quinquenios; surgió del análisis de la realidad de la expansión de las ciudades, sólo animado por la presión del crecimiento de las familias y el inevitable fenómeno de la migración del campo a la ciudad y de las ciudades provincianas hacia las grandes urbes como Lima. Afectando extensas áreas agrícolas y zonas con cubierta vegetal en perjuicio en salud ambiental especialmente en la captura de CO<sub>2</sub> y el cambio climático.

En el desarrollo del proyecto se ha recurrido al uso de la información satelital existente en el Sistema de Información Geográfica, primero para el levantamiento de los mapas luego la delimitación de las áreas construidas, la vegetación en el ámbito del territorio urbanizado y no urbanizado y con ayuda del programa Arc View Gis 8,3 se levantó el registro quinquenal a partir del año 1980; asimismo, ha sido necesario levantar información y hacer un inventario en las áreas con vegetación, en los puntos previamente definidos en el mapa para el estudio de la biodiversidad actual, así como también la capacidad de captura de carbono en la silvicultura urbana.

Los resultados han probado que el crecimiento urbano y la destrucción de la vegetación, tiene implicancias en la captura de carbono con un crecimiento sostenido del área urbana, disminución de la cubierta vegetal y la captura del CO<sub>2</sub>, principal contaminante del aire, el estudio condujo a la determinación del modelo:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639X_2$$

**Palabras clave:** Arbolado urbano, emisiones de CO<sub>2</sub>, sumidero de carbono, expansión urbana y biodiversidad.

## Abstract

This research entitled management of growth and urban forestry for the capture of carbon (CO<sub>2</sub>) in the districts of San Martín de Porres, Los Olivos and Comas, 1980-2015, developed as research of applied type, longitudinal non-experimental design periodic for five-year periods; It emerged from the analysis of the reality of the expansion of the cities, only encouraged by pressure from the growth of families and the inevitable phenomenon of migration from the countryside to the city and the provincial cities to large cities such as Lima. Affecting extensive agricultural areas and areas with vegetation cover against environmental health especially in the capture of CO<sub>2</sub> and climate change.

In the development of the project it has resorted to the use of the satellite information existing in the geographic information system, first for the mapping then delimitation of built areas, vegetation in the area of the territory urbanised and not urbanized and with assistance of the Arc View Gis 8.3 rose from the year 1980 five-year registration; also, it was necessary to get information and do an inventory in the areas with vegetation, at previously defined points on the map for the study of the current biodiversity, as well as also the ability of carbon sequestration in urban forestry.

The results have proved that urban growth and the destruction of vegetation, has implications on carbon capture with growth sustained in the urban area, decreased vegetation cover and the capture of CO<sub>2</sub>, the main pollutant of the air, the study led to the determination of the model:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639X_2$$

**Key words:** urban trees, CO<sub>2</sub> emissions, sink of carbon, urban expansion and biodiversity.

## Resumo

Esta pesquisa intitulada Gestão do crescimento e da silvicultura urbana para a captura de carbono (CO<sub>2</sub>) nos distritos de San Martín de Porres, Los Olivos e Comas, 1980-2015, desenvolvido como pesquisa do tipo aplicada, projeto não-experimentais longitudinal periódicas por períodos de cinco anos; Verificou-se a partir da análise da realidade da expansão das cidades, apenas incentivadas pela pressão do crescimento das famílias e o inevitável fenômeno da migração do campo para a cidade e as cidades provinciais para grandes cidades como Lima. Que afecta extensas áreas agrícolas e áreas com cobertura vegetal contra a saúde ambiental, especialmente na captura de CO<sub>2</sub> e as mudanças climáticas.

No desenvolvimento do projeto recorreu-se ao uso da informação por satélite existentes no sistema de informação geográfica, primeiro para o mapeamento e delimitação de áreas construídas, vegetação na área do território urbanizadas e não urbanizadas e com assistência do Arc View Gis 8.3 aumentou a partir do ano 1980 registro de cinco anos; Além disso, era necessário obter informações e fazer um inventário nas áreas com vegetação, em pontos previamente definidos no mapa para o estudo da biodiversidade atual, bem como também a capacidade de sequestro de carbono na arborização.

Os resultados provaram que crescimento urbano e a destruição da vegetação, tem implicações na captura de carbono com crescimento sustentado em área urbana, diminuição da vegetação de cobertura e a captura de CO<sub>2</sub>, o principal poluente do ar, o estudo conduzido para a determinação do modelo:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639X_2$$

Palavras-chave: árvores urbanas, as emissões de CO<sub>2</sub>, dissipador do carbono, a expansão urbana e a biodiversidade.

## **I. Introducción**

## 1.1 Realidad problemática

El crecimiento de las ciudades extendiéndose progresivamente hacia su entorno, siempre ha sido y será un problema en la gestión de los gobiernos locales, que no se debe a un crecimiento y extensión de las familias del lugar sino mayormente de migrantes de las zonas rurales y del campo hacia los principales centros poblados; por otro lado, no hace mucho en nuestro país como en la mayoría de ciudades, el manejo de áreas verdes han sido constituidas con fines estrictamente estéticos tanto en los parques, avenidas y bermas de uso público; así como los jardines de responsabilidad familiar; para bien, estos criterios han ido cambiando poco a poco, para reconocer el verdadero valor ambiental de los ecosistemas urbanos. Es grato saber por ejemplo, que en Colombia entra en vigor normas sobre manejo del arbolado urbano y se plantea una política de aproximación a la Silvicultura Urbana, propuesta liderada por la Universidad Nacional de Colombia (Tovar-Corzo 2013 ); en Chile la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile, se ocupa del manejo del arbolado urbano de las principales vías de acceso a la comuna de Maipú, región metropolitana (Martínez, 2005) y en el mundo contemporáneo la silvicultura urbana se torna importante para la salud ambiental de las urbes y avanza hacia la agricultura urbana para compensar la falta de alimentos por la improductividad de los campos y las crecientes migraciones de sus pobladores hacia las ciudades.

Sin lugar a dudas muchos países del mundo, y entre ellos varios sudamericanos, han mostrado avances importantes para el reconocimiento de los beneficios ambientales que se obtienen con una buena gestión de la arboricultura urbana (cultivo de árboles en ciudades), tanto en áreas metropolitanas, urbanizaciones y zonas marginales; este hecho ha posicionado a las áreas verdes o cobertura arbórea como un componente principal en los Planes de Desarrollo Urbano o Plan Maestro, por consiguiente en la planificación para el ordenamiento de la infraestructura urbana bajo el nuevo paradigma de Silvicultura Urbana y algunos países como Colombia apuntan hacia el eco-urbanismo.

Colombia no ha sido ajena al éxodo masivo de campesinos hacia sus principales ciudades, que ha generado un incremento demográfico desmedido y provocado el crecimiento de las urbes, sobrepasando su capacidad de



planificación. Se estima que para 2019 el 80% de la población colombiana vivirá en ciudades (Escobar, 2009) lo cual aumentará los índices de contaminación.

El devenir del tiempo hace evidente los cambios sociales, es así que la sociedad industrial del Siglo XXI ha evolucionado en la sociedad del conocimiento del Siglo XXI, por lo tanto, las ciudades y los gobiernos locales, ya no puede seguir siendo la misma y es necesario que se adecúe a los cambios y asuman responsabilidades sociales y ambientales, como es debido en pos de un equilibrio ambiental.

El Perú como un país con amplia diversidad ecológica y paisajística requiere de Sistemas de Gestión enfocada en la preservación y uso sostenible de los ecosistemas urbanos.

Los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas está ubicados al Norte de la ciudad de Lima, considerado por mucho tiempo como una de las campiñas productivas más extensas del cono Norte de la ciudad de capital, pero en las décadas del 70 en adelante se ha visto afectada por un crecimiento desordenado del área urbana con emigrantes de zonas del norte y centro del país, lo que ha dado lugar a diferentes tipos de actividades como talleres, colegios, restaurantes campestres, criaderos de animales entre otros; además de las invasiones las cuales han tomado interés de situarse en el distrito debido su cercanía a la ciudad de Lima siendo el distrito objeto de expansión urbana, la misma que no se ha considerado las afectaciones a las áreas verdes.

Por otro lado, es conocido que algunos gobiernos locales como Rímac, Los Olivos, Comas y Puente Piedra, cuenta con una unidad administrativa y de gestión como área de Medio Ambiente y Fiscalización la cual aún no han instituido las pautas necesarias para llevar una gestión que garantice la conservación de los ecosistemas del distrito que en este caso es aparentemente deficiente porque no se conoce el potencial de captación de carbono de las especies para contrarrestar las emisiones producidas por las actividades antrópicas. Es aún más preocupante cuando los parques, avenidas y bermas de la ciudad no se están manejando con criterio eco sistémico, sino más como ornato de la ciudad, por lo que permite la formulación del problema que se presenta.

## 1.2 Trabajos previos

Para llevar a cabo la investigación se tomaron en cuenta los resultados de estudios y experiencias en ámbitos internacionales como nacionales que se relacionan con el presente trabajo de investigación. Así tenemos:

### 1.2.1 Trabajos previos internacionales

Hasta hace poco, en Colombia, el árbol era un elemento secundario y muchas veces inexistente en los procesos de urbanismo y planificación de las ciudades y municipios. No obstante, el país cuenta con algunos estudios detallados por Tovar-Corzo (2013), quien reporta como el más completo estudio el realizado por Pérez (1978) sobre áreas verdes urbanas con especial atención a Bogotá, donde se analizan los problemas que presentan las arborizaciones urbanas y propone algunas especies para la ciudad de Bogotá. Posteriores trabajos han contribuido con el conocimiento de lo que ellos la denominan arbolado urbano de la capital colombiana como la Guía de árboles de Bogotá; especies ornamentales usadas en áreas urbanas (Delgado, 1995); Manual de silvicultura urbana para Bogotá (Jardín Botánico y Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, 2009); Árboles ciudadanos en la memoria y el paisaje cultural de Bogotá (Ferro, 2010); y Árboles de Bogotá, identificación, descripción y bases para su manejo (Mahecha et al., 2011).

Caldas (1979), citado también por Tovar-Corzo (2013), arquitecta paisajista ha publicado el artículo “La flora ornamental tropical y el espacio urbano” en el cual aborda aspectos ornamentales, paisajísticos y técnicos de la arborización urbana para la ciudad de Cali y recomienda algunas especies de árboles, palmas y gramíneas aptas para esta función que mejora el atractivo de la ciudad.

La misma fuente reporta que Antioquia ha realizado también avances en planificación a través del instrumento denominado Manejo del árbol urbano; sugiere aspectos generales para el mantenimiento de árboles ornamentales (Alvarado, 2002). Este documento, complementado con el Manual de silvicultura para Medellín (Alcaldía de Medellín, Secretaría del Medio Ambiente, 2007), que

utilizan para el manejo del arbolado en el municipio de esta ciudad teniendo en cuenta criterios técnicos bien definidos en todos los aspectos.

De la misma manera la Autoridad Ambiental del Valle de Aburrá, en cumplimiento de sus funciones y competencias, viene generando procesos de planificación del espacio público conjuntamente con los municipios, no sólo desde la visión tradicional del desarrollo sino desde una óptica ecosistémica, donde la vegetación se constituye en un eje articulador del paisaje urbano, sino la salud urbana. De igual forma, en 2006 realizó la publicación *Árboles ornamentales en el Valle de Aburrá, elementos de manejo* (Morales, 2006).

Otros esfuerzos puntuales en la generación del conocimiento de las coberturas arbóreas urbanas pueden consultarse en el Catálogo ilustrado de la flora del distrito de Santa Marta (Carbano, 2003); árboles y arbustos de la ciudad de Leticia (Cárdenas, García y López, 2005); Flora arbórea de la ciudad de Ibagué (Esquivel, 2009); *Árboles para Bucaramanga. Especies que fortalecen la estructura ecológica principal* (CDMB et al., 2009); y el *Manual de Silvicultura de la ciudad de Pereira* (Alcaldía de Pereira, Secretaría de Planeación, 2010).

También, es importante resaltar que el Encuentro Nacional Colombiano de Silvicultura Urbana que ha tenido como sedes a Bogotá, Medellín y en octubre de 2013 fue Cali la ciudad anfitriona, han sido esfuerzos continuados para el avance de lo que ellos aún consideran como arboricultura urbana.

En cuanto a la identidad paisajística de las ciudades colombianas, las calles de muchas de estas ciudades se encuentran arborizadas con especies introducidas de los trópicos asiático y africano. En un artículo publicado por Molina (2007), se compara la arborización urbana en seis ciudades colombianas, que sería largo presentarlo y por el momento poco trascendente para el presente trabajo.

En Colombia aún no se ha profundizado estudios en cuanto a la captura de carbono, entre los pocos trabajos Lopera y Gutiérrez, (2000), en su tesis conjunta titulado “Viabilidad técnica y económica de la utilización de plantaciones de *Pinus patula* como sumideros de CO<sub>2</sub>”; para este fin realizaron muestreo de los árboles, en el corregimiento de San Antonio de Prado (Medellín, Colombia); donde establecieron 44 parcelas en plantaciones con y sin manejo, de las

especie cuyos árboles de edades entre 6, 47, 29 y 61 años. La biomasa y el carbono fueron evaluados en los siguientes componentes del bosque:

- Árboles de la especie plantada: biomasa de la madera, corteza, ramas. Acículas y conos: las raíces se calcularon partir de reportes de literatura
- Hojarasca fina y necro masa (árboles muertos en pie y detritos de madera del piso del bosque.
- Otras especies: diferentes al pino que crecen dentro de la plantación

Ellos reportan que determinaron un incremento medio anual (IMA) de  $7.36\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$  y una estimación de fijación de  $\text{CO}_2$  de  $5.25\text{ tc}/\text{ha}/\text{año}$ , representando el 29.61 toneladas de fijación de dióxido de carbono.

En una perspectiva de especialistas como Kuchelmeister y Braatz (2008) y sobre la base de estudios en España, Argentina y otros países en un enfoque como una nueva visión de la silvicultura llega a conclusiones muy importantes como sigue:

**Primera.** En la mayor parte de los países (tanto desarrollados como en desarrollo), así como en los organismos de cooperación para el desarrollo, es aún frecuente considerar la silvicultura urbana como actividad orientada hacia fines estéticos, cuya realización es deseable pero no necesariamente esencial. No se acaba todavía de reconocer que la silvicultura urbana con fines múltiples es un instrumento potencialmente eficaz y eficiente desde el punto de vista económico para aliviar la pobreza así como mejorar las condiciones ambientales y el aspecto estético de las ciudades.

**Segunda.** Particularmente en las ciudades de los países industrializados, aunque no exclusivamente en ellas, las ventajas potenciales de los árboles y los bosques como elementos capaces de reducir la contaminación, ya sea en forma directa o indirecta (mediante un aprovechamiento más eficaz de la energía para refrigeración o calefacción), exige que se dedique a este aspecto una cantidad considerablemente mayor de atención y de recursos. En los países en desarrollo, en vista del rápido proceso de urbanización, debería hacerse hincapié sobre todo en las posibilidades de la silvicultura urbana de proporcionar beneficios directos en forma de bienes y servicios, especialmente a la población urbana pobre.

**Tercera.** Es necesario hacer todavía estudios más a fondo para poder cuantificar los beneficios de la actividad forestal en el medio urbano y periurbano, comprender la dinámica de la demanda y de los flujos de

recursos de bosques y árboles entre las zonas rurales y urbanas, y desarrollar la base de conocimientos científicos de la silvicultura urbana. Se requieren cambios de carácter institucional y jurídico, así como la aplicación de los métodos participatorios que se están adoptando cada vez más frecuentemente en las actividades de desarrollo rural. Es evidente que mucho queda aún por hacer en cuanto al desarrollo de la silvicultura urbana como disciplina y como actividad. En términos generales, los árboles y bosques urbanos pueden y deben transformarse en una parte integrante de nuestros esfuerzos por mejorar la calidad de la vida de nuestras ciudades y convertirlas en lugares donde la gente pueda vivir y trabajar de manera más próspera, más sana, y más saludable desde el punto de vista ambiental (p. 12).

No hace mucho Tovar-Corzo (2013), en un trabajo sobre logros de la investigación que lleva el título “Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia” donde consolida los antecedentes de la arboricultura y avances en estos tiempos como silvicultura sobre la base de los resultados obtenidos de la aplicación de una encuesta a las autoridades ambientales con el propósito conocer la realidad en el ámbito de su nación, este trabajo tuvo en cuenta aspectos de orden técnico, administrativo y jurídico en la gestión y el manejo del árbol en las áreas urbanas de Colombia. Las conclusiones de este trabajo por su alcance se reporta textualmente como sigue:

**Primera.** El acelerado crecimiento de los centros poblados, la falta de desarrollo normativo, la ausencia de un programa integrado para el manejo del arbolado urbano único que permita efectuar el adecuado mantenimiento de los árboles existentes y la planificación de la nueva arborización, configuran las circunstancias por las cuales actualmente las urbes colombianas tienen una arborización madura, con alto porcentaje de presencia de especies foráneas, con sitios de emplazamiento inadecuados, densidades excesivas y con bajo vigor. Esto, sumado a su precario estado físico y sanitario, representa para la ciudadanía alto riesgo para su integridad y la de sus bienes. Por ello era necesario realizar un diagnóstico para establecer lo que se ha avanzado y sobre todo identificar los aspectos débiles de la actividad para, por supuesto, idear y poner en marcha estrategias que permitan su mejoramiento.

**Segunda.** De la encuesta realizada para cubrir ese interés, se infiere que tan solo en un 16% del total de municipios del país se llevan a cabo planes, programas y/o proyectos sobre SUP, aunque es posible que la información no se esté reportando a las autoridades ambientales. Hay carencia de

líneas bases de información sobre Silvicultura Urbana Planificado (SUP) en la mayoría de los municipios.

**Tercera.** No obstante, existen esfuerzos importantes por construir información y desarrollar planes orientando su ejecución hacia metas preestablecidas para que los municipios puedan administrar adecuadamente su patrimonio forestal urbano. La experiencia internacional demuestra que la aplicación de este tipo de instrumentos ha permitido organizar de mejor manera la gestión del arbolado urbano potenciando la generación de los bienes y servicios proporcionados por su adecuado manejo.

**Cuarta.** La generación de investigaciones sobre SUP es uno de los indicadores tanto de desarrollo como de relevancia del tema en los municipios y en las autoridades ambientales, por lo tanto su ausencia denota desinterés administrativo. Aunque el país cuenta con varias experiencias positivas, muestra también una crítica condición investigativa. La oportunidad de mejora consiste en generar líneas de investigación dirigidas a profundizar en el conocimiento, de forma organizada, de acuerdo con las particularidades de cada municipio y atendiendo a un plan nacional de investigación. Es allí donde la academia, especialmente las facultades de Ingeniería Forestal, deben apropiarse más del tema, incluyendo formalmente dentro de sus pensum el estudio detallado del arbolado urbano y con ello generar aportes que contribuyan a su conocimiento y desarrollo.

**Quinta.** Aun cuando se han tenido avances y desarrollos importantes, especialmente en las grandes ciudades, la SUP en algunas regiones del país aún se desconoce, por lo cual es necesario fortalecer la gestión y la participación de las comunidades no solo para el desarrollo de talleres y reuniones para la formulación de proyectos puntuales, sino para la ejecución de los mismos. Como se ha visto, la cadena de actividades que contempla la SUP es extensa y la comunidad puede involucrarse en el proceso desde la producción de material vegetal hasta el mantenimiento del arbolado adulto, lo cual contribuiría enormemente a la apropiación de una actividad que también puede generar ingresos económicos para el bienestar de las familias.

**Sexta.** La gran cantidad de beneficios que genera la buena gestión del árbol urbano y el impacto que a nivel del gremio forestal puede causar debido a la apertura de un nuevo universo para la aplicación de esta disciplina, permite identificar a la SUP como una de las actividades de mayor proyección en términos de empleo, desarrollo e investigación. Por ende, es necesario reconocer a los profesionales forestales como actores centrales de importancia social en las ciudades, por cuanto cada vez será

más indispensable cuidar y manejar técnicamente el patrimonio forestal urbano (p. 134 -135).

En Chile una investigación publicada en 2012 avanza hacia la captura de carbono al tratar sobre “Estimación del contenido de Carbono y balance de Carbono en un bosque de *Nothofagus pumilio* y una turbera de *Sphagnum Magellanicum* en Tierra de Fuego, Chile”, en esta investigación que tuvo como principal objetivo estimar el contenido y balance de Carbono en la zona de Tierra de Fuego; la metodología aplicada por el autor partió del uso de un inventario forestal en donde se conoció tres componentes, la biomasa vegetal, el detrito y el suelo orgánico con la cual a través de fórmulas matemáticas le permitió conocer la fracción de Carbono por unidad de masa en cada componente arbóreo; posterior a ello como segunda parte se estimó el balance entre la productividad primaria neta (PPN) y la respiración heterótrofa ( $R_{het}$ ), lo cual le permitió conocer el almacenamiento de carbono de las especies de *Nothofagus pumilio* y una turbera de *Sphagnum magellanicum*.

En Costa Rica, Centro América, Madrigal (1997), en un estudio titulado “Almacenamiento y fijación de carbono en un bosque de altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica” planteado para conocer la fijación del carbono ambiental en un bosque de rebles motivado por la necesidad de contrarrestar los efectos producidos de las actividades antrópicas predominantes, como la tala de árboles y la consiguiente cambio de uso de tierra bien sea para la agricultura o ganadería. La metodología utilizada fue el registro de datos para la elaboración de una tabla del volumen comercial total y neto de la especie para estimar la cantidad de carbono ( $CO_2$ ) almacenado en los árboles de roble y la cantidad de carbono residual (no utilizado) que es liberado a la atmósfera. Al término del estudio concluyó que existe una correlación significativa entre el diámetro y el volumen comercial total y neto.

En el mismo estudio la autora sostiene que el estudio de las acciones tendientes a la protección de las aguas y la vegetación no maderables contribuyen en la fijación del  $CO_2$  que muy bien puede ser utilizado para acogerse al bono del carbono y un incremento de su alto valor ambiental y el turismo, sin

mayores requerimientos de inversión tanto en la protección de aguas como la fijación y almacenamiento de CO<sub>2</sub> (Madrigal, 1997).

Domínguez (2016), en su tesis de grado de maestra en Administración Integral del Ambiente titulado “Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO<sub>2</sub> vehicular en Tijuana B.C” en México sostiene que “las áreas urbanas emiten grandes cantidades de dióxido de carbono, sin embargo el arbolado de los parques puede capturar este gas y actuar como sumideros naturales dentro de las ciudades” por este motivo el estudio para conocer el potencial de captura de la vegetación urbana en relación con el CO<sub>2</sub> emitido entre otros por los vehículos del parque automotor no es suficiente, pero si es necesario para formular medidas de mitigación del fenómeno conocido como cambio climático. La autora presenta el siguiente resumen;

En esta investigación se estima la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> de los árboles de los parques de Tijuana que podrían contrarrestar las emisiones provenientes de los vehículos automotores. Para ello, en una muestra representativa de parques, se identificaron las especies vegetales, se midió el diámetro a la altura del pecho de cada árbol presente y se calculó la captura de CO<sub>2</sub> utilizando el software i-tree design. Para las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos se usó el método del IPCC 2006 que emplea la cantidad de combustible vendido. Los resultados muestran que los parques tienen un potencial de captura de CO<sub>2</sub> limitado para contrarrestar las emisiones de los vehículos. Sin embargo, también se discuten potenciales estrategias de forestación y medidas de control vehicular que pueden disminuir la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, que se traducen en un conjunto de recomendaciones técnicas y legales. (p. 3)

Es importante destacar que es tiempo de plantear sostenibilidad urbana cuyos teniendo en cuenta el cambio climático y la sostenibilidad ambiental que dependerá de la gestión de las áreas verdes encargadas de la captura de carbono en los espacios como los parques que se convierten en sumideros de CO<sub>2</sub> y la convierten en biomasa viva o restos orgánicos que al final son depositados en el suelo.

En México Balderrama, Lujan y Castruita (2000) en un estudio de captura de carbono en bosques de conífera en la sierra Tarahumara en Chihuahua al



comentar que el estudio es la primera aproximación al estudio de la captura de carbono y solo un avance por que se procesa solo promedios utilizados en la aplicación de un modelo de simulación a escala regional con las siguientes conclusiones:

**Primera.** El crecimiento demográfico en las comunidades rurales del área de estudio se ha reflejado más en la emigración de la población rural a las zonas urbanas que en presión hacia el cambio de uso de suelo. El presente estudio asumió para proyecciones a largo plazo la continuación de tal tendencia.

**Segunda.** El bajo potencial de sitio y la baja disponibilidad de áreas para conversión a bosque son limitantes para la captura de carbono mediante la aforestación y reforestación. Las variables de manejo mostraron mejores perspectivas bajo el esquema del modelo LUCS.

**Tercera.** El adelgazamiento progresivo de la cubierta forestal se refleja en los registros históricos de volúmenes autorizados y se muestra como una tendencia en las simulaciones a largo plazo (80 años) de la biomasa en pie. Se requiere validar esta aplicación del modelo dadas las posibles implicaciones que podría tener la simulación de los efectos a largo plazo de los programas de manejo de los predios ejidales o privados (p.15).

El autor utiliza el término de adelgazamiento progresivo de la cubierta vegetal que en adelante se constituye a lo que ellos consideran como arbolado que debe ser considerado en los planes de desarrollo de las urbes.

### 1.2.2 Trabajos previos nacionales

En el Perú, tratando de encontrar información sobre silvicultura urbana, que de hecho son muy escasas es pertinente citar la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura OEA (2016) en un amplio compendio de muchas experiencias publicado como documento de trabajo 14 titulado “Los bosques y el cambio climático en el Perú” llega a las siguientes conclusiones:

Los bosques del Perú, como su geografía, son extensos y variados, albergan una gran biodiversidad, producen bienes valiosos y generan múltiples servicios vitales para los pobladores de su entorno cercano y también para los que viven fuera de sus límites naturales. El cambio climático afecta a todos los seres vivos del planeta sin excepción y altera las condiciones del medio impactándolo en mayor o menor medida según

su vulnerabilidad, por lo que la gestión de los impactos del cambio climático debe ser realizada a escala local. Los bosques del Perú vienen sufriendo los efectos del cambio climático y demandan una gestión adecuada a las cambiantes condiciones del medio. Por otro lado, los bosques bien manejados son recursos naturales renovables importantes para los emprendimientos de adaptación al cambio climático y para su mitigación, aprovechando los bienes y servicios que ellos brindan. (p. 39)

Esta conclusión permite reforzar lo que se tiene conocimiento que la riqueza en cuanto a la biodiversidad natural y las ciudades se han ubicado y crecido bajo las condiciones naturales en las tres grandes regiones del país que resultaría importante recuperarlas para poner en práctica de la silvicultura urbana de cada uno de nuestras ciudades y hacer frente al cambio climático sin descuidar la biodiversidad de los bosques naturales. Precisamente la segunda conclusión refuerza lo expuesto:

Aunque todavía existe incertidumbre en las proyecciones regionales de los futuros cambios en el clima y a pesar de que la investigación sobre los bosques y el cambio climático es aún incipiente, es posible usar algunos estimados técnicos y considerar percepciones locales para plantear alternativas y posibles acciones para manejar los bosques adecuadamente, seguir obteniendo beneficios de sus productos y servicios ambientales y aprovechar las oportunidades de desarrollo, adaptación y mitigación que pueden generar los convenios globales y los proyectos nacionales.(p. 39)

Cuando se analiza las emisiones antrópicas y se trata sobre Gestión del Efecto Invernadero (GEI) sin duda que las mayores emisiones de GEI provienen de la quema de bosques, corresponde al sector forestal y los gobiernos locales implementar acciones de control de destrucción de bosques naturales y medidas de mitigación. Estas acciones permitirían la captura de CO<sub>2</sub> en los bosques naturales y formaciones vegetales del país bien sea como plantaciones forestales y áreas verdes de centros poblados y la mitigación aprovechando los servicios ambientales de los ecosistemas forestales en los entornos locales de las ciudades que debería sumar los efectos a nivel regional y nacional. Sobre lo expuesto el documento citado OEA (2016) precisa:

Los bosques representan una oportunidad para la mitigación. Sin embargo, también juegan un rol importante en la adaptación de los ecosistemas y las poblaciones de su área de influencia, al reducir su vulnerabilidad e incrementar su capacidad de respuesta a las cambiantes condiciones

climáticas. Es por tanto importante detener su degradación y deforestación y asegurar que sigan en pie, cumpliendo sus funciones y servicios ambientales, bajo la protección de políticas claras, leyes que se cumplan y estrategias agrarias que destaquen su valor e importancia. Es asimismo importante buscar sinergias entre las medidas forestales de adaptación y mitigación (p. 40)

Frente a lo expuestos sería importante conocer las normativas sobre cambio climático de los sectores agricultura, forestal y ambiental a nivel de gobierno central y regional, donde deben estar precisados las estrategias los programas y proyecto. Igualmente las instituciones internacionales que cumplen con asistencia técnica y recursos para la investigación no solo en temas sobre cambio climático sino en protección y recuperación de ecosistemas naturales y urbanos. Es importante citar del documento de la OEA que precisa en uno de sus conclusiones:

Entre las acciones prioritarias y urgentes que quedan aún por hacer para encontrar en el mediano plazo las mejores respuestas locales ante los escenarios inciertos generales, está la creación de grupos de coordinación de actividades de investigación científica aplicada y multidisciplinaria liderados por especialistas de renombre, que puedan implementar y contar con estaciones meteorológicas e hidrométricas en lugares estratégicos, que permitan obtener datos, generar modelos locales y a la vez formar investigadores jóvenes a partir de los cuadros académicos (docentes y alumnos) de las universidades nacionales y regionales. Para asegurar que este sea un emprendimiento de largo aliento, los gobiernos regionales deben asumir el compromiso de reservarle fondos suficientes en base a sus recursos propios. (p 40)

Sin duda las políticas y estrategias para controlar el cambio climático se deben conocer los niveles de vulnerabilidad de los bosques naturales que dicho de paso no quedan más allá de áreas naturales protegidas en el país y en las ciudades se maneja las áreas verdes solo como ornato y espacios de esparcimiento no orientado a mitigar los problemas de contaminación menos para el cambio climático.

Este estudio fue realizado en la ciudad de Junín por el ingeniero forestal Juan Gamarra Rojas, citado por Tena (2013) sobre “Estimación del Carbono contenido en Plantaciones de Eucaliptus Globulus Labill en Junín, Perú” en el

que la metodología utilizada basándose en tres aspectos principales: biomasa, diámetro y fuste de los árboles.

Esta evaluación permitió determinar que en el bosque de Eucaliptus de la comunidad campesina de Hualhuash en Junín, “contiene 137.05 toneladas de carbono por hectárea, lo que permitiría se realice en la zona proyectos de compensación de servicios ambientales (huella de carbono) con miras a proteger el bosque”.

### **1.3. Teorías científicas relacionadas**

#### **1.3.1 Gestión del crecimiento y gobernanza**

Sin lugar a dudas la gestión del crecimiento de la población que necesariamente conduce hacia la expansión urbana hacia áreas libres en su entorno que compromete áreas cultivadas o zonas de protección porque son pocos los gobiernos locales se desarrollen en el marco de Plan de desarrollo urbano, menos deciden por modelos de crecimiento de las ciudades por esos es importante tratar sobre gobernanza, que según Aguilar (2010): la “gobernación/gobernanza” se entiende hoy, como el proceso o conjunto de acciones mediante el cual el gobierno dirige o conduce a la sociedad teniendo en cuenta sus requerimientos, sin lugar a dudas la presión demográfica y el crecimiento de sus ciudades. Pero, examinando a fondo, la dirección de la sociedad supone e implica definición de objetivos comunes, la aceptación social suficiente de los mismos, la participación directa o indirecta de la colectividad en la realización de los objetivos comunes y la coordinación de las múltiples acciones de los actores sociales para posibilitar y/o asegurar su realización” (p. 90)

La población del país de acuerdo con estimaciones y proyecciones del INEI en enero del presente año, supera los 32 204 325 habitantes con una densidad promedio de 24 habitantes por km<sup>2</sup> y su tasa de crecimiento anual es de 1,1 %. Otro dato importante es conocer que el 52,6 % de la población vive en la costa a lo largo del océano pacífico entre los países vecinos Chile y el Ecuador, el 38 % en la sierra o zona interandina y el 9,4 % en la selva tropical.

De acuerdo a Estrella (2012) al tratar sobre el tema “Crecimiento de las ciudades, el impacto ambiental, y nuevos paisajes” es un proceso histórico y

social de todo los pueblos del mundo basado en experiencias, conocimientos y prácticas exitosas, seleccionadas a través de siglos, para satisfacer las necesidades individuales y colectivas de una comunidad en particular; por ello las ciudades, los centros poblados o áreas urbanizadas, satisfacen sus requerimientos de acuerdo al crecimiento de sus habitantes, todo crecimiento no planificado son los que están implicados en impactos ambientales. Es más, coadyuvan al crecimiento desordenado los fenómenos de las migraciones del campo a la ciudad, algunos de ellos optan por ajustarse a ciertos patrones espaciales susceptibles de ser replicados, adaptados e implementados de otros contextos. De contar con políticas de un crecimiento urbano sobre la base de estudios o planes de un ordenamiento territorial, la realidad sería diferente.

### **1.3.2 Silvicultura urbana y arboricultura**

Es importante distinguir con claridad lo que es la silvicultura urbana y la arboricultura; pues la silvicultura urbana para es una disciplina que surge de la necesidad de mejorar acciones y decisiones del ser humano respecto al árbol en la ciudad, al mismo tiempo, acoge el cultivo y la defensa del árbol. También puede ser visto como un enfoque planificado, integrado y sistemático del ordenamiento de árboles en zonas urbanas y peri urbana o periférica. Kuchelmeister y Braatz (1993), por su parte señalan que la arboricultura es una rama especializada de la silvicultura, cuya finalidad es el cultivo y la ordenación de árboles con miras a aprovechar la contribución actual y potencial que éstos pueden aportar al bienestar de la población urbana, desde el punto de vista fisiológico, sociológico y económico. Por lo expuesto la silvicultura urbana sería una fusión entre la arboricultura, la horticultura ornamental, la fruticultura, que algunas veces es la resultante de la ordenación forestal en la ciudad relacionada con la arquitectura paisajística como también de las áreas libres como parques, bermas y pasajes.

Entonces la arboricultura se ocupa del cuidado de los árboles, involucrando su manejo individual o poblacional en las ciudades, parques y en otros ambientes urbanos. "La arboricultura incluye la selección apropiada de árboles para un sitio determinado, la plantación, la poda, la fertilización, el mantenimiento del estado saludable, así como el diagnóstico y el tratamiento de los problemas". El objetivo

de la arboricultura sería la conservación a largo plazo, el manejo de la salud y la seguridad del árbol (ISA, 2005 p.21).

De la información existente en el ámbito mundial donde existen estudios en diferentes partes del mundo ha sido posible sintetizar y resumir en una sola tabla el censo arbolado del 2010 de las principales ciudades de USA, Colombia, Argentina, España y Brasil, que se presenta en la tabla 1.

Tabla 1.

*Arbolado de ciudades según censos de varias especies georreferenciados en relación a poblaciones \*Censos año 2010*

Ciudad	País	No. Árboles viarios	Población del casco urbano*	No. habitantes por árbol	Área del casco urbano en Km2
Nueva York	USA	592130	8175133	13,80	830
Bogotá	Colombia	392779	7363782	18,74	384,3
Buenos Aires	Argentina	372625	2891082	7,76	200
Madrid	España	264811	2938723	11,10	361
Barcelona	España	153343	1582738	10,32	100,4
Curitiba	Brasil	148611	1851215	12,45	432,17
Mendoza	Argentina	49297	131927	2,67	57,57
Valencia	España	38000	797291	20,98	54,03
Vigo	España	9300	293725	31,58	16,24

Fuente: Web Trees, People and the Built Environment;

Según Kuchelmeister y Braatz, (1993) citado por CONAMA (2002), en los países industrializados, la silvicultura urbana se ha circunscrito en mejorar el aspecto recreativo y los beneficios ambientales; mientras que en los países más pobres, contribuye a cubrir necesidades básicas del poblador. Los mismos autores sostienen que en América del Norte, los rápidos avances se deben gracias a actividades concertadas y a la asignación de recursos para consolidar la silvicultura. La misma literatura asegura que, “en Europa, pese a una larga tradición de silvicultura urbana, la investigación es todavía muy fragmentaria” (p. 45). Finalmente, dicen que en los países en desarrollo, está todavía en sus inicios y se apoya fuertemente en el estilo de los países industrializados (Tewari, 1995).

En Colombia, por experiencia personal, la arboricultura está siendo combinada con la fruticultura en sus parques públicos donde la población tiene acceso libre para aprovechar al consumir los frutos que producen en el caso

concreto de las plantaciones de mango nativo en la ciudad de Cali. Los autores reportan que en Santiago de Chile, la arboricultura prácticamente tiene un desarrollo rudimentario ya que no hay bosques que ordenar y utilizar, sino más bien, árboles individuales o poblaciones de ellos que se manejan principalmente con fines ambientales, estéticos y sociales. Estos espacios por naturaleza propia al contar con humedad proveniente de los riegos como por la humedad de la evapotranspiración constituyen componentes importantes de los ecosistemas urbanos que precisa esclarecimiento de conceptos y componentes considerando las citas de autores, como sigue:

**Áreas verdes**, son espacios cubiertos de vegetación natural o cultivada, por sus características de un ecosistema urbano se le asocia a espacios cubiertos de árboles, arbustos y césped en plazas, parques, jardines, u otras formas de ornatos con plantas. Así Contardi (1980) a las áreas verdes la define como “espacio verde a toda superficie dentro del tejido urbano ocupado por vegetación” y la CONAMA (2002) considera como “áreas verdes”, a los espacios urbanos, o circundantes a éstos, ocupados con árboles, arbustos o plantas, que pueden tener diferentes usos, bien sea como espacios de esparcimiento o recreación, ecológicas, ornamentales, áreas de protección, recuperación o de conservación del entorno de los centros urbanizados. En el presente estudio se considera como áreas verdes a las calles, avenidas, bermas, parques y jardines arborizados en áreas urbanas y periféricas de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, de la ciudad capital.

**Jardines públicos**, los espacios abiertos o libres ocupados por pequeñas bandejas, macetas y plantaciones de flores y céspedes entre veredas o en avenidas, diseñados y construidos como ornatos y mosaicos florales que complementan los ornatos con equipamiento mínimo. Su principal función es mejorar el paisaje urbano y proporcionar el atractivo visual de las ciudades como parte del ornato, mas no como un componente funcional (ACHIM, 1996).

**Arborización de calles**, de calles se refiere a aquellos árboles ornamentales, ubicados en las veredas, que forman conjuntos lineales a lo

largo de las calles, asociadas a una función principalmente estética (ACHIM, 1996).

### **Beneficios medioambientales**

Al nivel de avance en lo que se refiere a la vegetación de ciudades, se va entendiendo con el correr de los tiempos su importancia ambiental, así Martínez (2005) en su memoria “Bases para el manejo del arbolado urbano de las principales vías de acceso a la comuna de Maipu”, región metropolitana de Chile la vegetación contribuyen con el mejoramiento del microclima, calidad del aire y reducción del dióxido de carbono: La vegetación y en especial los árboles, determinan el clima de un área, ya que disminuyen la intensidad de radiación solar, el movimiento del viento y regulan la humedad y temperatura del aire circundante.

El mismo autor Martínez (2005) cita los autores que precisan los beneficios ambientales de los arbolados como ellos las conocen:

La sombra de los árboles pueden reducir la temperatura promedio de un edificio en 5°C (Akbari et al., 1992); disminuir la velocidad del viento hasta en un 60% en zonas cubiertos de árboles y reducir la fluencia de la radiación solar en un 90% o más (Heisler, 1986), evitando el calentamiento solar de superficies bajo la cubierta arbórea (Akbari et al., 1992). (p. 18)

Se considera oportuno que la cubierta vegetal y los árboles cumplen una función “tampón” por que retienen el agua y hace que la temperatura del medio no baja a cero grados ni alcanzan los máximo, lo más importante la acción por el cual se elimina contaminantes han sido descritos por diferentes autores como se indican a continuación:

- La absorción de gases tóxicos, especialmente el CO, por las hojas o la superficie del suelo,
- Liberación del oxígeno (Nowak et al. 2010),
- Depósito de partículas y aerosoles sobre la superficie de las hojas y caída de partículas al costado de la vegetación que se halla a favor del viento, debido a la desaceleración del movimiento del aire (Kuchelmeister y Braatz, 1993).



- Ahorro de energía, las áreas con vegetación en lugares densamente poblados, permiten un ahorro de la energía por menor uso de sistemas de calefacción y ventilación. Estudios en Chicago, EEUU, han demostrado que al incrementar en un 10% el arbolado de una ciudad, se reduce el consumo de energía para calefacción y refrigeración entre 5 y 10% (CONAMA, 2002). Otros estudios realizado por el ahorro de energía oscila de 10% a 50% para la refrigeración y de 4% a 22% para la calefacción (Kuchelmeister y Braatz, 1993). Los árboles sombrean y reducen las temperaturas del aire en verano y en invierno bloquean los vientos conservando el calor en las viviendas y edificios (Heisler, 1986).

### **Beneficios económicos.**

Según reporte de la misma autora Martínez (2005), los beneficios económicos de las arborizaciones son indirectas dado que el incremento de la calidad del medio urbano, las hacen más atractivo para quedarse en el lugar de residencia y no necesitan buscar otro lugar para recrearse, así permiten obtener un ahorro substancial en la cantidad de combustible vehicular usado o utilizar otro medio de transporte. En los Estados Unidos de Norte América, "la contribución total de los árboles, parques y áreas recreativas al valor total de experiencias de recreación podría exceder \$2 billones" (Dwyer et al.1992), además los árboles en terrenos públicos y en alguna medida, en privados, son recursos significativos de "propiedad común" que contribuyen a la vitalidad económica de toda un área. Por otro lado, existen costos económicos directos en la plantación, mantención, manejo y remoción, así como costos por daños que provocan las ramas y raíces. Estos beneficios económicos también se encuentran en usos y efectos

### ***Alimentación y leña:***

Los frutos obtenidos de los árboles públicos pueden contribuir a la seguridad alimentaria en los países en desarrollo. Además, la leña proporciona una fuente de energía en los centros urbanos menores sobre todo en zonas secas. Por otra parte, existe demanda de materiales de construcción para cuadros, postes, ramas, artesanía y otros usos. (Kuchelmeister, 1998).

***Mejora la salud física y mental:***

Aunque son difícilmente cuantificables, los beneficios a la salud proporcionados por las áreas verdes son evidentes. Al mejorar la calidad del aire, permiten reducir las enfermedades respiratorias y los ambientes relajantes reducen el estrés y mejoran la salud mental y productividad de los trabajadores. La menor exposición al sol en días calurosos al evitar incidencias directas evita el cáncer a la piel y las cataratas oculares. Ulrich (1990), de acuerdo a sus investigaciones, ha demostrado que la recuperación de pacientes después de una operación, es más rápida en aquellos cuyas habitaciones tienen ventanas con vista a los árboles, en comparación a aquellos cuyas ventanas dan hacia murallas o pared de edificaciones circundantes.

***Dan oportunidades de trabajo.***

CONAMA (2002), al referirse a los países más ricos, donde la arboricultura es próspera, las zonas verdes ofrecen oportunidades de trabajo con personal y equipos para empresas más o menos especializados en este tipo actividades; también refiere que en Chile, la atención de áreas verdes genera una serie de ocupaciones, entre las cuales se destaca la mano de obra de diferentes calificaciones, sobre todo para la construcción y equipamiento de ellas.

***Realza el valor de la propiedad inmobiliaria.***

Se ha comprobado que los precios de las viviendas son más elevados en las vías arboladas urbanas. Menciona que en "Singapur se ha reconocido que un paisaje urbano arbolado es un atractivo importante para nuevos empresarios e inversionistas" (Kuchelmeister, 1998). Por otro lado precisa que los constructores han estimado que casas con sitios arbolados se venden en un promedio de 7% más caro, que aquellas sin arbolado. Sin embargo, los parques pueden tener un impacto negativo, si el parque es percibido sin mantenimiento, o como un lugar que concentra actividades delictuosas e inseguras, naturalmente no contribuyen en la calidad de vida de la población.

## **Beneficios sociales.**

### ***Aporte a la educación medioambiental.***

Múltiples ciudades como la nuestra tienen jardines botánicos, parques zoológicos, senderos señalizados, áreas con especies atractivas para la observación y centros que informan a los visitantes sobre la flora y la fauna. Ellos generan entre la comunidad que los visita, educación natural y conocimiento del medio ambiente, la biodiversidad; especialmente de utilidad para niños, estudiantes e investigadores (CONAMA, 2002).

### ***Promueven las actividades recreativas.***

Las áreas verdes incentivan las actividades recreativas al aire libre, debido a su cercanía, mayor accesibilidad y por permitir oportunidades de comunicación de la comunidad. Las áreas con arbolado como parque zonales son los principales lugares para la recreación de las familias, especialmente para la población adulta e infantil preferentemente de menores ingresos (CONAMA, 2002).

### ***Refuerza el sentimiento comunitario.***

En algunas ciudades con participación del público en el cuidado de los árboles proporciona a los ciudadanos, una oportunidad para colaborar en beneficio del ornato y cuidado del medio ambiente. Su participación activa en jornadas de plantación de árboles conocidos como faenas, está demostrado que enriquece el sentido comunitario de identidad social, autoestima y territorialidad, a su vez deja una enseñanza a los residentes para trabajar juntos para decidir, controlar y mejorar las condiciones de su ambiente de su ciudad.

### ***Mejora la calidad estética.***

Para Kuchelmeister y Braatz (1993) citado por CONAMA (2002), dicen que los árboles “suavizan el paisaje de las ciudades”, haciéndolos más atractivos y saludables, aumentan la satisfacción de sus moradores por ser parte de la calidad de vida y producen una relación positiva entre la personas y el medio natural. Los árboles cuando están bien ubicados en lugares apropiados, se constituyen en

lugares que no permiten ocultar vistas y actividades indeseables, convertirse en lugares inseguras y necesitan sustituir olores desagradables

### **Beneficios psicológicos.**

Los autores que permite conocer los beneficios del arbolado o silvicultura urbano se apoyan en reportes bibliográficos como: Se ha demostrado que el disfrutar de parques ayuda a cambiar los estados de ánimo y a reducir la presión (Hull, 1992); inducen estados de paz, tranquilidad, renovación emocional y espiritual (Ulrich, 1990); dado que los colores verdes de las plantas y azules de las lagunas aportan alivio al estrés y a la recuperación de enfermedades

Los efectos que la naturaleza produce llegan incluso hasta el estado emocional, donde colores, formas, movimientos, sonidos y olores no solo despiertan sentimientos de alegría o tristeza, sino que también llegan al corazón y a los sentimientos elevados (Jiménez, 1998).

Las áreas verdes urbanas tienen muchos beneficios, pero también pueden generar problemas cuando la vigilancia, planificación, mantención y elección de especies no es el adecuado. En este caso, los árboles pueden constituir focos de vandalismo y asaltos; los sistemas radicales de árboles ubicados en ejes viales pueden ocasionar daños estructurales en las calzadas, aceras e incluso en edificaciones, pueden dificultar el tránsito peatonal y vehicular; provocar daños a la comunidad por caídas de ramas, frutos y generar alergias entre otros (Flores, 2002); por estas razones la gestión en la arboricultura no debe concebirse como majeo de área verdes sino una disciplina o especialidad como Silvicultura urbana, como respuesta de los requerimientos de nuevas formas de estudio de la realidad, no como parte la ciencia eco sistémica sino como ciencia con propio enfoque.

### **Arbolado urbano y sistema de información geográfico**

Es importante destacar que para los estudios de la gestión forestal en zonas naturales y bosques, así como en las ciudades sirven de apoyo las relaciones públicas, en términos cuantitativos y cualitativos; pero cuando se requiere de un inventario forestal urbano se recurre a los registros actualizados de las áreas

forestadas evaluando los estados de conservación y requerimientos para planificar la conservación y el mantenimiento, así como la administración y gestión económica del recurso arbóreo. Un inventario considera variables de ubicación (geocodificación y/o georreferenciación); descriptivas (especie, diámetros, altura, densidad actual, etc.) y manejo (definición de tratamientos sanitarios, podas, reemplazos, deshierbas, etc.) (Hernández, Fernández y Batista, 2016).

Por otro lado, de acuerdo a una encuesta realizada en la región Metropolitana de Chile, "un 48% de los municipios nunca ha realizado un catastro del arbolado urbano, un 24% lo realizaron entre 1985-1995, mientras que el 28% restante lo efectuaron entre 1996-2000" (Hernández, et al., 2004).

Otra forma de conocer el arbolado es el censo, reporta la experiencia en la comuna de Maipú donde optaron por hacer un inventario por censo que corresponde levantar una lista completa de árboles de las vías en estudio para proveer información requerida para su manejo. Para el estudio de la situación actual de esa comuna, ha requerido contar con antecedentes de las plantaciones, bibliografía e información digital obtenida mediante fotografías aéreas y datos de terreno, metodología laboriosa. El inventario resultó adecuado y de repente más preciso aplicando el Sistema de Información Geográfica (GIS), ArcView GIS 3.2, ya que permite en forma gráfica y global reunir e interrelacionar los datos presentes en el arbolado urbano, este medio permite el rápido acceso a la información, el diseño de planes de manejo, la disminución del tiempo de trabajo y la reducción de costos en la gestión del arbolado (Martínez e Islas, 2008).

### **1.3.3 Captura de carbono y calidad del aire**

Se ha visto problemas relacionados con cambio climático con enfoques globales, en este punto ya en el terreno de áreas urbanas se tratará sobre mejoramiento del microclima, calidad del aire y reducción del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Es indiscutible que la vegetación y en especial los árboles, son componentes de los ecosistemas por ellos determinan el clima de una determinada área, porque los árboles disminuyen la intensidad de radiación solar, el movimiento del aire, regulan la humedad y temperatura del ambiente circundante en los términos y medidas que el autor cita a los que a continuación se reporta:

La sombra de los árboles pueden reducir la temperatura promedio de un edificio en 5°C (Akbari et al., 1992); aminorar la velocidad del viento entendiendo que el aire en movimiento genera el aire cuya intensidad dependerá de las diferencia de las temperaturas hasta en un 60% en zonas arbóreas medias (Heisler, 1990) y reducir la influencia de la radiación solar en un 90% o más (Heisler, 1986), evitando el calentamiento solar de superficies bajo la cubierta arbórea (Akbari et al., 1992). El modelo UFORE (Modelo de efectos del arbolado urbano), sostiene que árboles individuales con un DAP entre 60-90 cm, tienen la capacidad de retener hasta 50 kg de carbono por año; más aún, en Santiago, árboles con DAP entre 10 y 50 cm secuestran aprox. el 70% del carbono anual (Escobedo et al., 2004). Los árboles grandes y vigorosos fijan cerca de 90 veces más carbono anualmente que los árboles pequeños (93 kg C/año vs 1 kg C/año) (Nowak, 1993). Los sistemas de eliminación de contaminantes del aire son: absorción de gases tóxicos, especialmente el CO<sub>2</sub>, por las hojas o la superficie del suelo, liberando oxígeno (Nowak et al., 2010), depósito de partículas y aerosoles sobre la superficie de las hojas y caída de partículas al costado de la vegetación que se halla a favor del viento, debido a la desaceleración del movimiento del aire (Kuchelmeister y Braatz, 1993; citado por Priego y Escobar 2003).

### **Servicios ambientales**

Los parques urbanos como áreas verdes más allá de formar parte de un paisaje y promover espacios de esparcimiento y de cercanía con la naturaleza por medio de sus colores, formas y aromas; son capaces de brindar infinitos servicios ambientales en el marco del paradigma de la sostenibilidad urbana, respondiendo los conocimientos de lo evidente sobre los servicios ambientales, como fuente de beneficios intangibles de los diferentes ecosistemas o biomasa que ponen a disposición de la sociedad de manera natural e influyen en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades del continente con impactos de acuerdo a las políticas y modelos de crecimiento de las ciudades, es así para Domínguez (2016), los servicios que proporcionan a la sociedad los árboles urbanos, conocido por la mayoría de los autores como arboricultura, son diversos, pueden cumplir un papel importante en el mejoramiento de la salud y comodidad de las personas que viven en las ciudades ya sea por la absorción y filtrado de contaminantes del aire, mejoramiento de la calidad del aire y del agua, regulación de la temperatura mediante la reducción de

la temperatura del aire. Es preciso entender y está demostrado que las áreas verdes permite reducir los niveles de estrés y ayudar la recuperación de alguna enfermedad.

El carbono se recicla continuamente en la tierra, nunca se destruye y puede almacenarse durante periodos de tiempo relativamente cortos en los organismos vivos, o durante miles de años en océanos y millones de años en rocas o fósiles. El impacto que tiene la actividad humana en el ciclo de carbono al extraerlo de los almacenamientos subterráneos de larga duración (petróleo, gas, etc.) y liberarlo en la atmósfera, ha desequilibrado su ciclo, repercutiendo en el clima global (p. 18).

Además debido a la deforestación se ha agravado el proceso al eliminar el carbono almacenado en las plantas, en el suelo y los repositorios que conducen a la desertificación y consecuente cambio climático.

El ciclo global del carbono integra un flujo entre la atmosfera, el océano y la biosfera terrestre (vegetación y suelo) considerando tanto las fuentes como los sumideros de CO<sub>2</sub>, lo que permite estimar las emisiones de dióxido de carbono antropogénico, insumo del cambio climático global actual del continente (Le Quéré et al., 2015).

Los bosques juegan un papel primordial en el ciclo de carbono al absorber y retener CO<sub>2</sub> atmosférico, el cual en parte fluye de nuevo a la atmósfera en los procesos de respiración autotrófica en la vegetación y heterotrófica en el suelo (Pardos, 2010). Los océanos y los bosques son los principales sumideros de carbono, es decir, pueden absorber la mitad del CO<sub>2</sub> emitido por la actividad antrópica y las ciudades ubicadas cerca a los océanos aprovechan estos beneficios, el caso de las ciudades como Lima ubicada en zona desértica y alejada de las zonas de influencia de las principales cuencas del Pacífico, tiene como sumidero el mar.

### **Evaluación económica del servicio de la captura de carbono.**

En un estudio realizado por el CATIE (s/f) <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0701e/A0701e.pdf> publicado como “Evaluación económica del servicio de sumidero de carbono en diferentes ecosistemas forestales” en la cual evaluaron compararon los niveles de fijación y almacenamiento de carbono por

hectárea, en distintos ecosistemas de bosque tropical y mostraron los beneficios económicos para cada actividad productiva en diferentes ecosistemas en los países de Costa Rica, Chile y Bolivia. La metodología de estudio usada utilizó la siguiente estructura: Cálculo de la biomasa total y contenido de carbono en los árboles, cálculo del crecimiento de las plantas y almacenamiento de las mismas en diferentes escenarios. Lo que según la autora se concluyó que: "...los bosques primarios tienen ventajas comparativas en relación con el bosque plantado y de tipo secundario, mostrando acumulaciones de biomasa de 134 Mg ha<sup>-1</sup> en promedio, que significan niveles de almacenamiento de carbono de 60 Mg. C ha<sup>-1</sup> y en el caso de los bosques secundarios, los mayores niveles promedio de biomasa se presentan entre los 20 y 35 años edad, cuando llegan a 150 Mg ha<sup>-1</sup>." este estudio dicen que sirvió de base para desarrollar proyectos MDL, Mecanismos de Desarrollo Limpio, los cuales son respaldados por el protocolo de Kioto.

### **Estimación del CO<sub>2</sub> fijado por el arbolado urbano.**

Este estudio titulado "Estimación del CO<sub>2</sub> fijado por el arbolado urbano en la ciudad de Palencia, España" se realizó por la sociedad Española de Ciencias Ambientales (2009), con el propósito de determinar las especies arbóreas urbanas que captaban mayor cantidad de carbono anual. La metodología utilizada fue como se detalla a continuación: Primero se dividió la ciudad por barrios (13) y se elaboró un inventario por conteo pie a pie (12963 especies); después se excluyó a las especies cuyos porcentaje era inferior al 1% y paralelamente se seleccionó al azar 1195 árboles a los que se midieron diámetro en cm., altura de fuste y altura total, para establecer el carbono total utilizaron las ecuaciones de Montero et al (2005, citado por Sociedad Española de Ciencias Ambientales, 2009). Para otras especies se utilizó la siguiente fórmula de Brown, 1998, la cual se muestra a continuación:

$$\mathbf{BIO = Vol * DM * BEF}$$

**Donde:**

DM: densidad básica en Mg /m<sup>3</sup>

Vol.:  $h * (\pi r^2)$



BEF: Factor de expansión de biomasa. A su vez;

$$\mathbf{BEF = (Bnfr + Bc)/Bnfr}$$

Bnfr: Biomasa del fuste y ramas principales

Bc: Biomasa de la copa

En el estudio además se utilizó un programa estadístico para realizar el análisis de los dendrogramas, que permitió contrastar los resultados. Finalmente, el estudio concluyó que el arbolado de la ciudad de Palencia, España solo absorbe el 0.5 % del CO<sub>2</sub> emitido, la fórmula de Brown, 1998 ha sido utilizado en posteriores estudios en Colombia y últimamente por Tena (2014) para graduarse como Ingeniero Ambiental en la Universidad César Vallejo, Lima Norte.

Desarrollar un inventario de diámetros y alturas de árboles en las parcelas de medición, se utilizó ecuaciones de biomasa general y finalmente se obtuvo el carbono por hectárea. Las fórmulas utilizadas, permite estimar la cantidad de captura de carbono aplicando las siguientes fórmulas que complementa la fórmula de Brown:

$$\mathbf{V. \text{ajustado} = Vol. (m^3/ha) \times FEV}$$

$$FEV = e^{[1,3-0,209 \times \ln(\text{Volumen})]}$$

$$\text{Biomasa} = Vol. (m^3/Ha) \times 0,60 \text{ tdm/ m}^3 = \text{t/ha}$$

$$\text{B. ajustada} = B \times FEB$$

$$FEB = e^{[3,213-0,506 \times \ln(\text{biomasa})]}$$

Biomasa forestal y carbono almacenado

$$\mathbf{C (tC/ha) = B \times 0,5}$$

#### **Almacenamiento de carbono.**

Extracción y almacenamiento del carbono de la atmósfera en sumideros de carbono como los océanos, los bosques a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis. se hace extensivo en estudios de arbolados en centros urbanos, para este fin Rugnitz, Chacon y Porro (2009) destaca la publicación “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales” sostiene que el secuestro de carbono se efectúa en los ecosistemas forestales

mediante el intercambio de carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración, llevando al almacenamiento en la biomasa y en el suelo, que se incorpora como componente orgánico..

El carbono cumple un papel fundamental en los procesos fisicoquímicos y biológicos del planeta a través del ciclo de carbono. Los procesos de captura y emisión de carbono son parte de un sistema de cuatro reservorios de carbono (vegetación aérea y radical- materia en descomposición- suelos- productos forestales), con tiempos de residencia y flujos asociados muy diferentes y estrechamente interrelacionados.

En el suelo, el carbono (C) está almacenado como parte de la materia orgánica y representa más de 1400 Gt ( $1\text{Gt} = 10^{15}\text{ g}$ ), casi el doble del que hay en la atmósfera. De acuerdo al IPCC (2013) el suelo necesita ser medido en el sitio del proyecto hasta una profundidad de 30 cm, ya que el cambio de uso de la tierra tiene un mayor efecto en los estratos superiores. Los contenidos de carbono en el suelo dependen de los principales factores a largo plazo relacionados con la formación del suelo pero pueden ser fuertemente modificados – degradados o mejorados- por los cambio en el uso y el manejo de la tierra (López, 1998).

En informes de la FAO (2002), se han analizado la distribución del total de las existencias de carbono del suelo según las principales zonas ecológicas, tales zonas muestran grandes diferencias en el almacenamiento del carbono orgánico sobre todo en relación a la temperatura y a la lluvia. Las existencias de carbono en el suelo hasta un metro de profundidad varían entre  $4\text{ kg/m}^2$  en las zonas áridas y  $21\text{-}24\text{ kg/m}^2$  en las regiones polares o boreales, con valores intermedios de  $8\text{ a }10\text{ kg/m}^2$  en las zonas tropicales. Las muestras de suelo se extrajeron a las siguientes profundidades 20 cm., 40 cm y 80 cm respectivamente.

El almacenamiento de carbono en árboles, es un servicio ambiental que valoriza la incorporación de especies arbóreas en sistemas agroforestales, y se suma así a posibles beneficios para el productor que adopta estos sistemas alternativos, beneficios hídricos en relación con el incremento productivo de pastizal y bosque, y beneficios al nivel de fijación de carbono por medio de “bonos verdes” o “de carbono” o su equivalente en impuestos, etc. (IPPC, 2003). Si bien mediante el Mecanismo de Desarrollo Limpio, dentro del Protocolo de Kyoto, solo

se consideran inversiones en proyectos de forestación, esto no resta validez a estudios realizados en bosques nativos, ya que es importante contar con información local e indicadores de las especies nativas para conocer el flujo de carbono en estos ecosistemas forestales así como para futuros compromisos de reducción de CO<sub>2</sub> atmosférico.

En las estimaciones de la cantidad de carbono almacenado para biomasa aérea se asume generalmente el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50% sin diferenciar especies (Brown y Lugo, 1984; IPCC, 2003). No obstante, diferentes estudios denotan la variabilidad del contenido de carbono según especie y tejido del árbol (Soares y Oliveira, 2002; Francis, 2000; Gifford, PIARFON Monte y Espinal Captura de Carbono Página 3 2000). Para proyectos de captura de carbono, los autores destacan la importancia de contar con la cuantificación de carbono con base en información diferenciada por especie y componentes del árbol. Es sabido que análisis de la productividad aérea de las especies en estudio, ya que es un dato biológico que refleja y determina un porcentaje representativo de la cantidad de carbono secuestrada (Gayoso, 2002).

El objetivo general es proporcionar información y coeficientes que permitan estimar el carbono almacenado en la biomasa forestal aérea en la zona de estudio. Se estimó la capacidad potencial de secuestro de carbono en biomasa arbórea aérea a partir de determinar los almacenes actuales de carbono (como cantidad acumulada en la biomasa) en las especies representativas y predominantes en el bosque nativo de Entre Ríos.

### **Secuestro de carbono**

Al proceso de fijación de carbono también se expresa como secuestro o captura de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación. Estas intervenciones pueden ser programas de manejos de suelos con reforestación, agro forestaría o conservación de suelos. Se expresan en t/ha/año.

La cantidad absoluta de carbono almacenado en un depósito en un momento determinado, es el flujo de energía que en un ecosistema puede ser

considerado desde dos puntos de vista, de la producción dado por los organismos autótrofos que incluyen arboles arbustos y otras plantas verdes que ocupan una localización espacial y el Segundo componente es el de consumo representado por los organismos heterótrofo que agrupan tanto a herbívoros que se alimentan de las plantas verdes como a los depredadores que se alimentan de herbívoros (Hocker,1984). La producción de un sistema está dada por la relación producción primaria bruta menos la respiración autotrófica y Hetero trófica. En un sistema equilibrado que no se presentaría normalmente ni un incremento ni una disminución en la acumulación de carbono (Harris,1975) ambos citado por Gayoso 2002). Hasta el último siglo la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha sido determinada principalmente por los intercambios o flujos entre el aire y la vegetación sobre la tierra y los océanos; en la vegetación terrestre, el carbono está almacenado en forma de carbohidratos y otros compuestos químicos orgánicos (biomasa). El carbono representa aproximadamente el 50% del peso de la madera. Los bosques son los almacenes más importantes y son responsables por la mayor parte de flujo de carbono entre la tierra y la atmosfera, durante la mayoría del periodo del desarrollo de las civilizaciones de todo los tiempos en estos flujos han sido balanceados.

El tiempo de resistencia del carbono en las diferentes porciones del sistema varia con las partes de las plantas involucradas. las hojas, las pequeñas raíces, cortezas y otros materiales que se desprenden anualmente son descompuestos rápidamente en 1 o 2 años; los tallos leñosos viven mucho más y sus componentes se reincorporan dentro del ciclo orgánico y mineral en el intervalos prolongados; el humus que se encuentra en el suelo tarda mucho tiempo en descomponerse casi como la madera de los tallos , sin embargo debido a la gran cantidad de mantillo fino que se produce cada año en comparación con la madera de fustes, el tiempo total del ciclo del carbono en el sistema muestra un periodo de 10 años

Para estimar la biomasa de un rodal se puede utilizar modelos que se pueden ser usados para verificar la cantidad de carbono almacenado por cada componente.

Finalmente carbono almacenado es la cantidad de carbono secuestrado que relaciona a la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinada por las condiciones del suelo y clima.

### **Marco conceptual**

**Cambio climático:** Según la ONU, se refiere a los cambios del clima producto directo o indirecto de las actividades del hombre, los cuales ocasionan daños en los ecosistemas y a la sociedad en su conjunto.

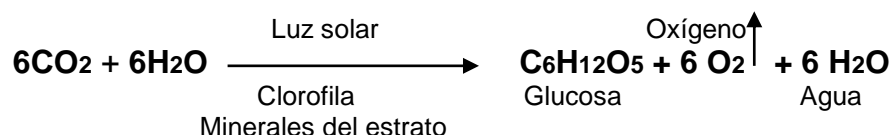
**Gases de efecto invernadero:** Son aquellos gases capaces de retener el carbono en la atmósfera manteniendo a la tierra caliente con sus evidentes efectos negativos para la salud de los seres vivos (Samayoa, 2010).

**Emisiones de CO<sub>2</sub>:** Son aquellas emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles, la respiración misma, toda actividad que consume el oxígeno como la misma respiración de los organismos vivos.

**Almacenamiento de CO<sub>2</sub>:** Proceso que consiste en almacenar por un período largo de tiempo en formaciones geológicas del subsuelo, en océanos o mares, las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por las industrias o plantas eléctricas (Samayoa, 2010).

**Balance de emisiones:** Es el equilibrio entre las emisiones producidas y las capturadas, fenómenos que no se logra por más esfuerzos haga la naturaleza por cuanto los emisores actúan sin pensar en el equilibrio natural sino en adaptaciones a los cambios...

**Captura de carbono:** La captura de carbono por parte de las plantas, es realizada en el proceso de la fotosíntesis en la etapa oscura, donde el CO<sub>2</sub> es asimilado por moléculas orgánicas que gracias a reacciones enzimáticas lo convierten en carbono disponible para la planta y la almacena como parte de su estructura o reserva. La fotosíntesis, actividad contraria a la respiración propia de las plantas, responde a la siguiente reacción:



**Pago por servicios ambientales.** Según la Ley peruana que regula la compensación de los servicios ambientales (Capítulo I, art 2, 2014), son servicios ambientales “aquellos resultantes de funciones y/o procesos ecológicos de ecosistemas y recursos naturales u otros que generan beneficios económicos, sociales y ambientales a la sociedad”.

El mismo medio, en su página web define al PSA como una “clase de instrumentos económicos diseñados para dar incentivos a los usuarios del suelo, de manera que continúen ofreciendo un servicio ambiental (ecológico), que beneficia a la sociedad como un todo”.

**Características de PSA.** Las características según su página web establece que todo mecanismo de PSA tiene cinco rasgos distintivos: 1ro el PSA es un acuerdo voluntario y negociado; 2do se requiere definir de forma clara lo que se está negociando; 3ro y 4to se debe al menos darse una transferencia de recursos de un comprador y un vendedor y 5to los pagos de los compradores deben ser contingentes.

**Especies arbóreas.** Las plantas arbóreas o arborescentes se definen como plantas perennes que se pueden sostener por sí solas, con una altura del adulto de al menos 5 m (sin considerar hojas o inflorescencias ascendentes), y con 1 o varios tallos erectos de un diámetro de al menos 10 cm. (Revista científica y arbitrada de la UNAM, 2010).

**Biomasa.** Es la cantidad total de materia orgánica en un momento dado, la biomasa vegetal está referida a la cantidad de materia viva producida por las plantas y almacenada en sus estructuras en forma de biomasa, se expresa en unidades de energía (joule m<sup>-2</sup>) o materia orgánica muerta (tn ha<sup>-1</sup>) (Begon et al 1986; Salas 2006, citados por Borrero 2012).

**Condiciones de MINAM sobre bosques.** Para que sea considerado un bosque, “debe de tener tierras con cubierta de copa arbórea del más del 30 por ciento del área y un área mínima de 0,5 ha. Además los árboles deben alcanzar

una altura mínima de 5 metros en su madurez in situ". (Ley Forestal y de Fauna Silvestre 29763).

**Carbono:** Elemento más importante para la estructura de los seres vivos, el cual funciona como motor químico el cual es capaz de suministrar mucha energía (Forest Trends 2010).

**Carbono atmosférico:** "El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un gas incoloro, denso y poco reactivo. El aumento del contenido de dióxido de carbono que se verifica actualmente es un componente del cambio climático global, el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y derivados, gas) y las quemaduras con fines agrícolas pueden señalarse como los más significativos. Se calcula que este aumento del nivel de dióxido de carbono ocasione cambios climáticos considerables, (Braga, L, 1993)".

**Protocolo de Kioto (PK):** Documento de valor oficial internacional, el cual fue creado con el fin de que los países industrializados reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en la práctica se trata de un tratado que no pasa de buenas intenciones, por el contrario sigue la depredación y la desertificación con secuela en mayores desastres naturales.

**Procesos de captura-emisión de Carbono:** Según Gamarra, 2001; existen cuatro tipos de reservorios de carbono: <sup>1</sup> Vegetación aérea y radicular, <sup>2</sup> materia en descomposición, <sup>3</sup> productos forestales y <sup>4</sup> productos forestales, los cuales se encuentran interrelacionados y requiere de un enfoque sistémico denominado "estimación total de carbono".

## 1.4 Formulación del problema

### 1.4.1 Problema general

¿Cómo la gestión del crecimiento y la silvicultura urbana (cobertura natural y de plantación) como respuesta al crecimiento de la población han tenido implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015?

### **1.4.2 Problemas específicos**

¿En el crecimiento urbano como respuesta a la expansión urbana existirán diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015?

#### **Problema específico 2.**

¿En la expansión urbana como respuesta a crecimiento de la población existirán diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015?

#### **Problema específico 3**

¿En la captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura existirán diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015?

#### **Problema específico 4.**

¿En la gestión de la silvicultura urbana actual como respuesta a la expansión urbana existirán diferencias significativas en la biodiversidad en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015?

#### **Problema específico 5**

¿En la gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana existirán diferencias significativas en la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015?

## **1.5 Justificación del estudio**

### **1.5.1 Justificación teórica**

La información se ha colocado en un buen lugar como uno de los principales recursos de información que se pone a disposición de los investigadores y los gobiernos locales. Los responsables que se encargan de las tomas de decisiones podrán comprender que la información no es sólo un subproducto de la conducción ambiental, sino que a la vez permitirá replanteamientos



en futuros proyectos en la parte de teorías y principio.

### **1.5.2 Justificación metodológica**

Además, tiene una justificación metodológica en la medida que sistematiza los diversos sustentos teóricos en torno a las estimaciones y el uso de métodos no tradicionales para el uso de imagen satelital utilizando sistema de información geográfica como aprendizaje estratégico a fin de comprender la forma en que estructuran sus experiencia de estudiantes e investigadores y su vinculación con el dominio de las prácticas metodológicas de trabajos cercanos a la realidad.

### **1.5.3 Justificación ambiental**

La finalidad de determinar los niveles de almacenamiento de Carbono en especies arbóreas en la zona de estudio justifica porque el aumento de la población en los distrito en estudio ha comprometido la disponibilidad de oxígeno, más las actividades antrópicas sin lugar a dudas incrementa emisiones de CO<sub>2</sub> que deben ser revertidos por las funciones fotosintéticas de las especies arbóreas manejadas en espacios libres de la ciudad que constituyen las áreas verdes. Un estudio que relaciones la expansión urbana y disminución de las áreas verdes servirá para que los gobiernos locales pertinentes tendrán en cuenta en los planes y programas de gobierno; la biodiversidad existente en el territorio, las políticas de gestión y manejo medioambiental un poco al margen de la realidad reflejan deterioro y depredación de sus recursos, por eso urge recuperación y conservación de los recursos de los ecosistemas urbanos.

Cabe destacar además que según la FAO en su investigación de Evaluación de los productos forestales no madereros, sostiene que: “El propósito de las evaluaciones parciales de ecosistemas no es solamente académico, ya que se pretende que ellas sirvan a dichos funcionarios como herramientas de planificación. Estas evaluaciones proveen criterios económicos y técnicos para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de manejo de los recursos naturales”.

Es por ello que el presente proyecto tiene como finalidad identificar los niveles de carbono almacenado por las especies arbóreas predominantes en la

zona con la finalidad de evaluar si éstas permiten mitigar la contaminación por CO<sub>2</sub>, lo mismo que contribuiría a la preservación de nuestro medio ambiente y desarrollo sostenible en donde los beneficiarios directos seríamos la sociedad en su conjunto.

## **1.6 Hipótesis**

Los problemas formulados permiten proponer la hipótesis general y específica así como los objetivos, planteamiento básicos para desarrollar el presente trabajo de investigación donde se aborda temas de la realidad de las ciudades ubicados en la zona norte de la ciudad capital del Perú.

### **1.6.1 Hipótesis general**

La gestión del crecimiento urbano como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura urbana tiene implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período 1980 - 2015

### **1.6.2 Hipótesis específicos**

#### **Hipótesis específico 1.**

En la expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población si existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015.

#### **Hipótesis específico 1.**

En la silvicultura urbana como respuesta a la gestión del crecimiento de la ciudad existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015

#### **Hipótesis específico 3.**

En la captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura urbana existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015

#### **Hipótesis específica 4.**

La gestión de la silvicultura urbana actual como respuesta a la expansión urbana existe diferencias significativas en la biodiversidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período 1980 – 2015

#### **Hipótesis específica 5**

La gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana existe diferencias significativas en la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período 1980 – 2015

### **1.7 Objetivos**

#### **1.7.1 Objetivo general**

Determinar como la gestión del crecimiento urbano como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura urbana tiene implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) de los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período 1980 – 2015

#### **1.7.2 Objetivos específicos**

##### **Objetivo específico 1**

Probar si en la expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población muestran diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015

##### **Objetivo específico 2**

Precisar que la silvicultura urbana, sea de cobertura natural o plantada, como respuesta a la gestión del crecimiento de la ciudad muestra diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015

### **Objetivo específico 3**

Probar que la captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura urbana muestra diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015.

### **Objetivo específico 4**

Conocer como la gestión de la silvicultura urbana actual como respuesta a la expansión urbana muestra diferencias significativas en la biodiversidad evaluada teniendo en cuenta la diversidad de especies con los que actualmente han establecido sus áreas verdes en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.

### **Objetivo específico 5**

Determinar que la gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana muestra diferencias significativas en la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.

## **II. Método**

## 2.1 Diseño de investigación

El diseño de esta investigación fue el no experimental y longitudinal porque se estudia los cambios desde la década de los años hasta el año 2015 ocurridos en los tres distritos más importantes del cono sur de Lima. Es no experimental, porque se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes, sino la expresión de los cambios por acciones antrópicas, básicamente por la expansión urbana en lugares que en un tiempo no muy lejano eran haciendas productoras de caña de azúcar, frutales y otros cultivos. Lo que se hace en la investigación es observar fenómenos tal y como se dieron en su contexto por lo que es *expost-facto* de lo ocurrido y los cambios no son inducidos por el investigador, al respecto, Díaz, (2009, p. 116) cita a Kerlinger, quien señala al respecto: “La investigación no experimental o *expost-facto* es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones”.

El diseño de análisis de los resultados es una relación causal, analizado por regresión múltiple aplicando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{j2} + E_{ij}$$

Donde:

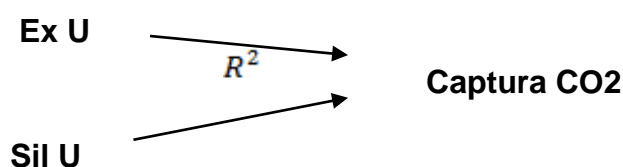
$Y_{ij}$ .- Variable respuesta: captura de carbono (CO<sub>2</sub>)

$\beta_0$ .- Tasa de incremento (constante)

$\beta_1 x_{i1}$ .- Variable expansión urbana

$\beta_2 x_{j2}$ .- Variable silvicultura urbana

El modelo de predicción permitirá conocer la realidad sobre las implicancias de la expansión urbana y la arboricultura en la gestión de la captura de CO<sub>2</sub> principal elemento del efecto invernadero y la contaminación ambiental, siguiendo el sentido del diagrama:



- V. Independiente 1: Crecimiento urbano
- V. Independiente 2: Silvicultura urbana
- V. Dependiente: Captura de carbono
- V. Interviniente: Capacidad de captura de la silvicultura urbana

### **Tipo de estudio**

El presente trabajo de investigación es básica y explicativa, es básica por que se produce nuevos conocimientos en la ciencia naturales para ser aplicados en las evaluaciones del crecimiento de la ciudades expresados como expansión urbana y la captura de carbono como resultados de la función fotosintética de las especies arbóreas de las parques y bermas principales que se identifica en las imágenes de satelitales y explicativas por cuanto los resultados obtenido permitirá conocer las tasas de expansión urbana , la disminución de las áreas verdes de las ciudades y la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> de la arboricultura actual en los tres distritos objetivo del presente estudio (Villegas et al, 2011).

### **Medición de la biodiversidad.**

Para el análisis del arbolado urbano, se calcularon los índices de diversidad más relevantes, con el fin de poder identificar las especies y su abundancia dentro de un mismo ambiente. Para la diversidad se han identificado las especies e inventariado el número de árboles por especies. Esta información se utilizó para determinar de la captura de carbono por áreas inventariada y luego estimar la captura del carbono en cada punto predeterminado del territorio urbano según los puntos de evaluación in situ.

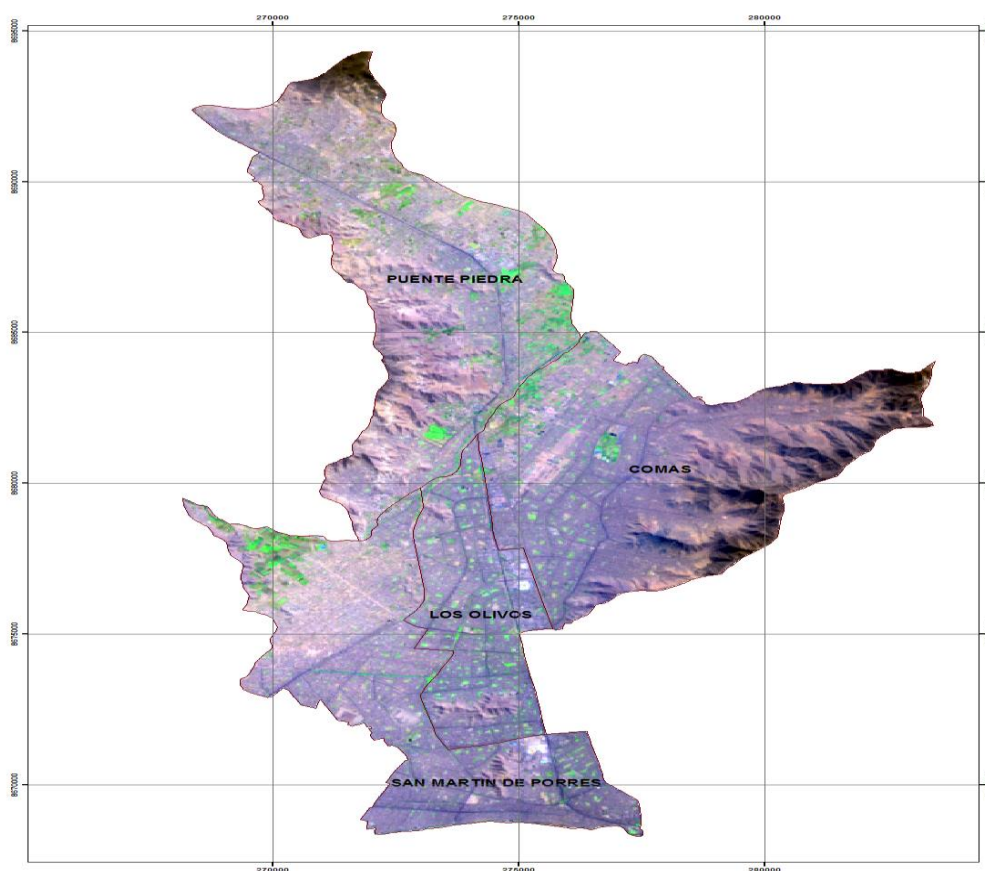
### **Diseño de la base de datos.**

La base de datos con que se diseñó fue el software Microsoft Access<sup>®</sup>, dado que es un sistema gestor de bases de datos relacionales (SGBD) que incluye herramientas para ayudar a precisar el diseño de la base de datos, donde las entidades son los árboles, y los atributos son las características registradas en el registro de campo, para evitar problemas más adelante en el funcionamiento de la base de datos. El Modelo Entidad Relación (MER) garantiza la organización de

todas los arboles con sus relaciones en un solo esquema de representación de las cosas como son en realidad.

### Contexto del ámbito geográfico

El estudio se realizó en los territorios de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en el norte de Lima metropolitana, provincia y departamento de Lima.



*Figura 1.* Ubicación geográfica de los distritos San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, en Lima Norte.

En la figura 1, se presenta e mapa de ubicación real de los tres distritos de Lima Norte donde se encuentra claramente delimitado los límites de la demarcación territorial y los espacios de las zonas urbanizadas, las áreas de vegetación de contorno y los espacios libres o no urbanizado hasta el momento. También es posible distinguir la topografía plana ya urbanizados en toda su extensión como



también el entorno de topografía con pendientes desérticas que se podría considerar como zonas de protección. Las ciudades de Lima Norte situados entre las cuencas bajas del Rio Rímac y Chillón ocupan una superficie que representa el 5% del territorio de Lima Norte y el 1,7% de Lima Metropolitana. Las coordenadas de los tres distritos son: 6° 10' 19" Latitud Norte y 75° 35'09" al Oeste del Meridiano de Greenwich.

### **Información sobre planos.**

Inicialmente se pensó utilizar la cartografía básica en escala 1:1000 suministrada por el Instituto Geofísico Nacional o los catastros de los gobiernos locales, pero por la naturaleza del trabajo se necesitaría 24 planos por quinquenios desde el año 1980 que obligaba remover archivos en cada distrito; por esta razón se optó por recurrir información satelital y con ayuda de la plataforma tecnológica Arc View GIS 8.3. Se rescató las imágenes para constituir el archivo de los planos digitales.

El inventario de los árboles se hizo teniendo en cuenta los individuos que fueran mayores a 1,30 m de altura, sin considerar las especies vegetales herbáceas típicas de jardinería. Se determinó las especies y distanciamiento entre plantas para determinar la densidad en los puntos determinados previamente siguiendo criterios de representatividad de áreas con árboles indistintamente entre parques y avenidas. En estos mismos puntos se registraron las mediciones de diámetro y fuste de las especies arbóreas.

### **Implementación del SIG.**

Se trabajó con la plataforma tecnológica Arc View GIS 8.3. Primero se ubicaron los árboles en los planos digitales en cada distrito, representados por un punto. La ubicación se realizó utilizando la información geográfica de la cual se disponía los puntos registrados de los espacios inventariados en cada distrito. Esto se hizo digitalizando directamente los puntos en ArcMap®, previa determinación el territorio de ubicación, usando para ello las ubicaciones de las áreas identificadas en la imagen satelital. El código identificador de cada área fue registrado

previamente en el sistema luego se determinó el área de cada punto del arbolado

## **2.2 Variables, operacionalización**

### **2.2.1 Gestión de la expansión urbana**

#### **Definición conceptual**

El crecimiento de las poblaciones que en esta oportunidad se ha considerado como expansión es una expresión natural demográfica que en nuestra realidad sigue una tendencia creciente que se confirma con la información base de las evaluado con estimaciones y proyecciones del INEI en enero de 2017, supera actualmente los 32 204 325 habitantes con una densidad promedio de 24 habitantes por km<sup>2</sup> y su tasa de crecimiento anual es de 1,1 %, donde el 52,6 % de la población peruana vive en la costa el 38 % en la sierra, y el 9,4 % en la selva.

Sin duda el crecimiento de la ciudad es un proceso histórico y social basado en la suma de experiencias, conocimientos y prácticas exitosas, acumuladas en el tiempo a través de siglos, para satisfacer los requerimientos individuales y colectivos de la comunidad. Las formas urbanas para satisfacer las necesidades físicas y simbólicas de una sociedad son múltiples, pero constituyen patrones espaciales susceptibles de ser replicados, adaptados e implementados en otros contextos, lo ideal sería definir modelos de expansión urbana con visión de futuro.

#### **Definición operacional**

En este punto el crecimiento poblacional está representado el crecimiento urbano por medio de estructuras que presentan un crecimiento ritmo y gradual que nos muestra como las estructuras de las ciudades a través del tiempo aumentan en número y en tamaño además de la expansión que representa en los límites urbanos. Asimismo, el color nos muestra el cambio de la simplicidad a complejidad de las edificaciones.

La operacionalización consiste en descomponer cada una de las variables que componen el estudio y dentro de cada variable las dimensiones o sus

componentes para facilitar la recolección de datos, resulte con un alto grado de precisión,

De acuerdo con lo anterior, la operacionalización de variables, es fundamental porque a través de ella se precisan los aspectos y elementos que se quieren conocer, cuantificar y registrar con el fin de llegar a conclusiones valederas.

### **2.2.2 Silvicultura urbana**

#### **Definición conceptual**

Si arboricultura urbana es el cultivo de los árboles en zona urbana, la silvicultura debe considerarse como una disciplina que se ocupa de los componentes vegetales de las áreas urbana que son los componentes más frágiles en los ecosistemas urbanos, sus atributos en el ornato de las urbes por mucho tiempo cobra importancia cuando se comprende que son los encargados de utilizar el CO<sub>2</sub> convirtiéndose en sumideros de carbono y como producto residual liberar el O<sub>2</sub> al medio, así atenuar la contaminación ambiental y controlar en cierta medida el cambio climático.

#### **Definición operacional**

Para medir y establecer el componente principal de los ecosistemas urbanos en lo administrativo tienen que prever el establecimiento de viveros, organizar establecimiento de parque y espacios con áreas verdes según diseñados en el Plan de Desarrollo urbano de los gobiernos municipales. En cuanto a la expansión urbana, también debe formar parte de un plan de ordenamiento a mediano y largo plazo, por esta razón es necesario hacer un estudio de lo que ha ocurrido en un tiempo atrás hasta donde la información que es posible obtener al amparo de los avances de la tecnología en especial la información geográfica (SIG).

### **2.2.3 Captura de carbono**

#### **Definición conceptual**

Se entiende por captura de carbono para almacenarlos en los sumideros o depósitos de carbonos como los océanos o sumideros terrestres, tales como

bosques, cultivos y los suelos, para mantener el carbono fuera de la atmósfera como contaminante y liberar el oxígeno como producto residual de la fotosíntesis en presencia de la luz solar y los pigmentos de las plantas (clorofila) (Tesauro 2013 de la Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos)

De acuerdo al Glosario de Agricultura Orgánica de la FAO (2009) la conversión de CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub> mediante fotosíntesis, sostienen que “carbono atmosférico que se traduce en el almacenamiento a largo plazo del carbono en el suelo y en la vegetación, viva o muerta. El carbono almacenado puede compensar el dióxido de carbono emitido” de acuerdo a lo expuesto también la agricultura cumple un valioso servicio a la humanidad mediante el almacenamiento de carbono que compense el dióxido de carbono emitido por la combustión, la respiración y cualquier proceso de oxidación.

### **Definición operacional**

La medición de la captura de carbono por las plantas en la mayoría de los trabajos reportados en marco teórico se estima en forma indirecta teniendo en cuenta el diámetro y fuste de las plantas, esta estimación se expresa almacenamiento del carbono en Tm por hectárea año como puede referir por metro cuadrado. Las estimaciones también son posible mediante la medición directa de la concentración de CO<sub>2</sub> al inicio del día y a la puesta del sol en el arbolado para conocer por diferencia la captura de CO<sub>2</sub> por la fotosíntesis.

## **2.3 Población y muestra**

### **2.3.1 Población**

Teniendo en cuenta que población según Bisquerra (2004) es la totalidad de las unidades de análisis de un contexto en la cual se observa un fenómeno que es posible de ser analizado; la población registrada en los censos y las estimadas proceden del INEI, para los datos demográficos como la expansión urbana y cubierta vegetal, en cada uno de los quinquenios, han sido estimadas de acuerdo a las dimensiones de las lecturas para cada período y las unidades de las áreas forestadas también las registradas en cada período. Por las razones expuestas la

población de habitantes, las áreas de expansión urbana y el registro de áreas con arboledas son también indefinidas porque constituyen las variables en estudios.

## 2.2.4 Operacionalización de las variables

Tabla 2

*Operacionalización de las variables crecimiento urbano, silvicultura y captura de carbono de los distritos de Lima Norte en el período 1980 al 2015.*

Variables	Distritos	Indicadores	Puntos	Unidades de medida	Medidas
Crecimiento urbano	San Martín de Porres	Expansión urbana	<b>81</b>		
		quinquenal	66	Escala en m2	Tendencias quinquenales 1980-2015
	Los Olivos	<b>Crecimiento urbano</b>	56	En puntos de mapa según SIG satelital	
	Comas	<b>Expansión de la ciudad</b>			
<hr/>					
Silvicultura urbana	San Martín de Porres	Reducción de áreas verdes	<b>81</b>		
			66	Ha año	Tendencias quinquenales 1980-2015
	Los Olivos	<b>Arboricultura urbana</b>	56	En puntos de mapa según SIG satelital	
	Comas	<b>Plantaciones de árboles</b>			
<hr/>					
Captura de carbono	San Martín de Porres	Expansión urbana	<b>81</b>		
		quinquenal	66	Kg/m2/año	Tendencias quinquenales 1980-2015
	Los Olivos	<b>Crecimiento urbano</b>	56	En puntos de mapa según SIG satelital	
	Comas	<b>Expansión de la ciudad</b>		23	
<hr/>					

### **2.3.2 Muestra**

En el presente estudio se ha recurrido a muestras intencionales para levantar el inventario de las áreas con arbolados con criterios de representatividad y la biodiversidad tratando de no repetir las evaluaciones en parques y avenidas con similares sistemas de plantaciones como de la predominancia de las especies ya registradas, en ellas se han registrados las medidas diametrales de todo los arboles de los puntos predeterminados con ayuda de las primeros registros de la información geográfica, teniendo en cuenta que muestra constituyen los subconjuntos de la población, de la cual nos servimos para describir las principales características, la parte representativa de la población de las plantaciones de árboles que se investiga. Es preciso dejar esclarecido por la naturaleza del trabajo, no ha sido necesario recurrir al muestreo aleatorio por cuanto se determinó puntos de evaluación para los inventarios en espacios predeterminados en los puntos de los mapas que resulten los más representativos en cada distrito.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnica**

El registro de datos se hizo mediante inventario de la cobertura de los espacios con arboricultura, con criterio selectivo para optar por las más representativas en 6 puntos fundamentales por distrito. Se registraron datos base para las estimaciones como diámetro a la altura media de plantas por especies, el fuste del follaje y muestras de ramas para la determinación de los pesos fresco y seco por planta.

Para registrar los datos se ha tenido en cuenta que el conjunto de procedimientos para el aprovechamiento de los elementos que rodean los fenómenos sobre los cuales se investiga, como son las características de desarrollo y densidad de plantación. Las técnicas de investigación se justifican por su utilidad, que se traduce en la optimización de los esfuerzos, la mejor administración de los recursos y la confiabilidad de los resultados, sin perder de vista las experiencias en trabajos similares al presente.

### 2.4.2 Instrumentos

Para la actualización, recopilación y procesamiento de información, se empleó los siguientes elementos:

- Computador PC ASUS 52Xmax, Pentium 4
- Programas MS-Word 2000 y MS-Excel 2000
- Programa Arc View GIS 8.3 y software estadístico SPSS for Windows
- Cartografía digital
- GPS
- Fuentes bibliográficas (revistas, textos, internet, etc.)

### 2.4.3 Procedimientos de recolección de datos y estimaciones

#### Inventario de campo

- Comprende el registro de datos y análisis de información de campo
- Construcción de ecuaciones alométricas y determinación de valores de línea de base
- Determinación de valores de biomasa de línea base por tipo de vegetación
- Diseño del Plan de Manejo Alternativo para incrementar la producción de biomasa vegetal

#### Determinaciones

- Peso fresco de follaje y leñosas con diámetro menor a 5 cm en (kg m<sup>2</sup>)- (sitio central de 1m<sup>2</sup>).
- *f* No. de árboles vivos por especie o grupo de especies con DAP entre 5 y 10 cm en el estrato medio.
- *f* No. de árboles vivos por especie o grupo de especies con DAP mayor de 10 cm en el estrato alto, di con DAP mayor de 10 cm en el estrato alto, diámetro normal y peso fresco de los componentes vegetales superficiales (sitios circulares de 400m<sup>2</sup>).

#### Análisis

- Estimación de materia seca en mantillo y leño (%)
- Peso fresco por árbol, por diámetro y especie, incluyendo fuste, ramas y raíces (kg)

### **Cálculos**

- Peso total de plantas (Ton ha-1)
- Peso total árboles con DAP menor de 10 cm (Ton ha-1)
- Biomasa total de árboles y arbustos con DAP mayor a 10 cm por grupos de especies (ton ha-1)
- Fracción de carbono por grupo de especies n de carbono por grupo de especies

$$C \text{ (tc/ha)} = (0.5 * \text{Bio})$$

Para efectos de estimación final se utilizó la fórmula base de Brown, 1998, la cual se muestra a continuación:

$$\text{BIO} = \text{Vol} * \text{DM} * \text{BEF},$$

**Donde:**

Vol.:  $h * (\pi r^2)$

DM: densidad básica en Mg /m<sup>3</sup>

BEF: Factor de expansión de biomasa. A su vez;

$$\text{BEF} = (\text{Bnfr} + \text{Bc}) / \text{Bnfr}$$

Bnfr: Biomasa del fuste y ramas principales

Bc: Biomasa de la copa

### **2.5 Métodos de análisis de datos.**

Para el análisis de la información, procesamiento y presentación de datos, se ha utilizado los estadígrafos de las medidas descriptivas e inferenciales. En las descriptivas se determinan las medidas de tendencia central y la variación en períodos quinquenales a partir del año 1980 en el ámbito geográfico de los tres distritos y en cada uno de ellos. Los datos registrados por este medio han sido consolidados para cada variable para el análisis de la relación entre periódica de la expansión urbana, los cambios de cobertura arbórea de las ciudades y la captura de CO<sub>2</sub> por la parte área de lo que debería considerar como silvicultura urbana.



Para determinar esta relación se aplica el análisis de regresión múltiple para determinar el modelo de predicción que los efectos de la expansión urbana y la arboricultura urbana para la captura de carbono por constituir las plantas como sumidero del carbono principal elemento de la contaminación del aire. Para el análisis de los datos registrados se elaboraron la base de datos utilizando el programa SPSS, 23.

## **2.6 Aspectos éticos**

De acuerdo a las características de la investigación se consideró los aspectos éticos que son fundamentales ya que se trabajaron con recursos y fuentes de información que no está al alcance de la disposición física para ser manipulados en las variables, que solo pueden ser registrados aprovechando de los recursos que disponen en el Sistema de Información Geográfica.

Para la evaluación de campo se han hecho inventarios de la cobertura de árboles y arbusto donde se han registrado con la precisión adecuada para obtener información que permite evaluar la realidad de la arboricultura en los puntos predeterminados en el sistema para cada uno de los distritos motivo de estudio. Por tanto la veracidad de los registros así como de las estimaciones, se ajusta a las exigencias de un trabajo con veracidad científica.

### **III. Resultados**

### 3.1. Resultados descriptivos

#### 3.1.1 Gestión del crecimiento urbano

La figura 2 muestra la realidad de la expansión urbana de los distritos tomados en estudio, San Martín de Porres, cuenta con el área urbanizada más extensa en el extremo sur y con mayor extensión de área verde en extremo norte oriente; Los Olivos, en la mayor parte de su territorio está urbanizado, es evidente que territorialmente es el más urbanizado, sin embargo aun cuenta con áreas verdes en los lugares de uso agrícola en lo que fue tierras productivas de los propietarios que aún no urbanizaban y Comas con el extremo sur este aún con áreas de cultivos y con mayor territorio de tierras aráceas y de ladera el año; esto sucedió fue la realidad más elocuente el año 1986, según la imagen de la lectura satelital donde

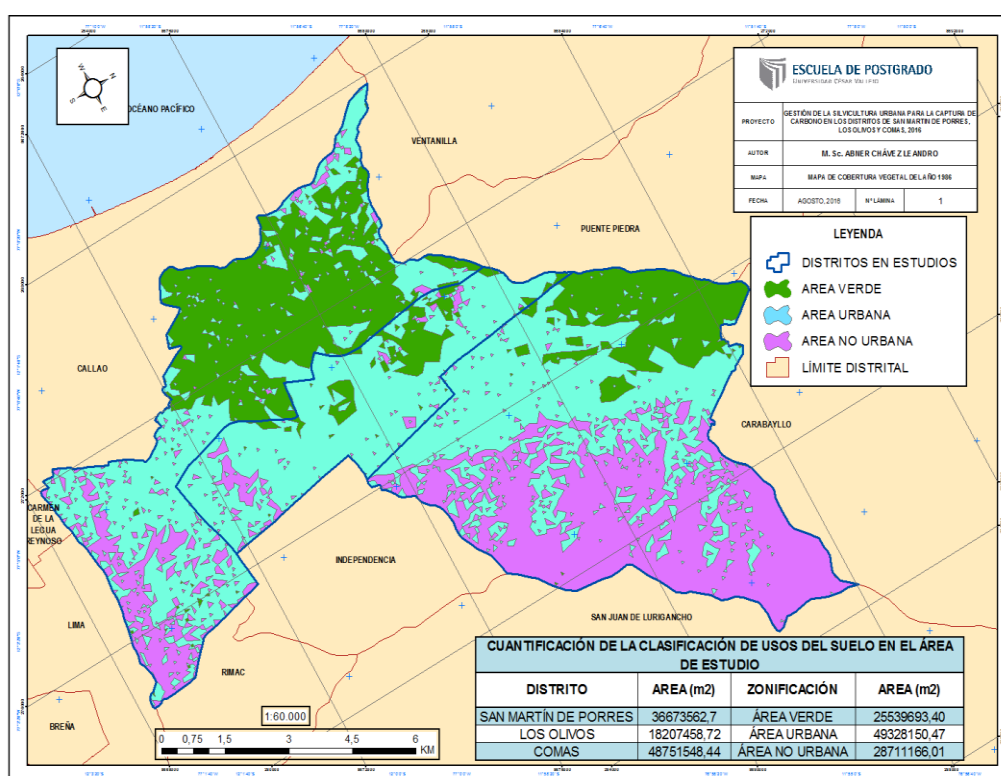


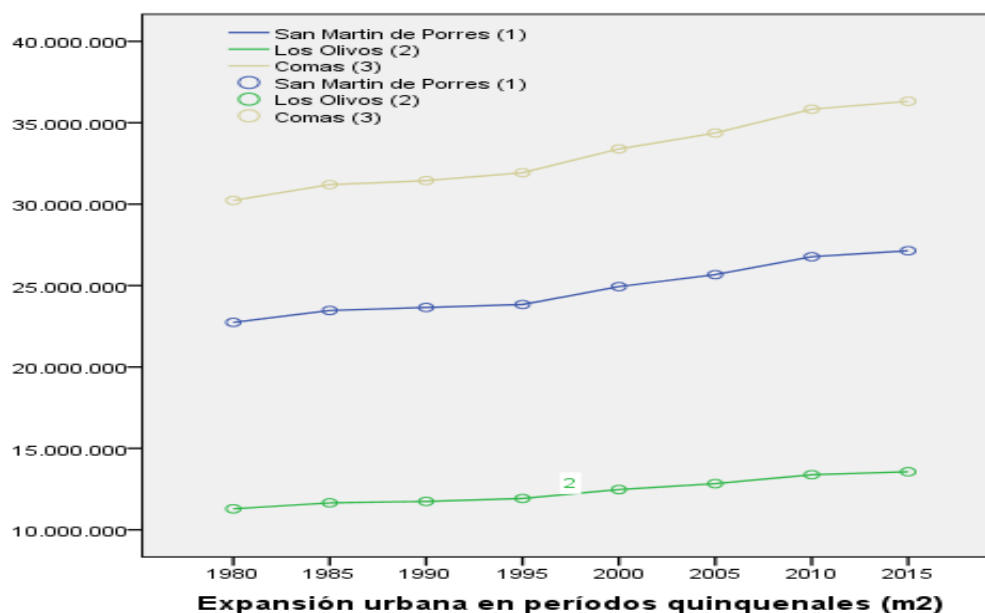
Figura 2. Clasificación del uso de la tierra en la expansión urbana y la realidad de la silvicultura del año 1986 en el territorio de Lima Norte

En la tabla 3 se presenta las medidas de posición de la expansión urbana, los datos promedios de crecimiento en 40 años donde en San Martín de Porres de 1980 al 2016 con un territorio urbano de 2342 Has, se expande en 270 Ha. (7,34 %), Los Olivos con una extensión 1166 Has se expande en 140 Has (7,72 %) y Comas con un territorio de 3121 Has se expande en 372 Has (7,74%). La tendencia objetiva queda expresados en la figura 3 con índices de crecimiento sostenido en 40 años de 0,0739, 0,0772 y 0,0774 respectivamente.

Tabla 3

*Medidas de posición y variación de la expansión urbana (m<sup>2</sup>) en un período de 40 años de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en Lima Norte.*

Expansión urbana	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Índice de Crecim.
					Límite inferior	Límite superior	
San M. P.	8	24777575,75	1620757,88	573024,44	23422588,24	26132563,25	0,0739
Los Olivos	8	12358312,60	841083,81	297368,03	11655148,94	13061476,27	0,0772
Comas	8	33090113,50	2252051,68	796220,51	31207351,18	34972875,83	0,0775
Total	24	23408667,28	8847891,67	1806068,32	19672530,30	27144804,27	



*Figura 3. Tendencia del crecimiento y expansión del área urbana en un periodo de 40 años de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima.*

### 3.1.2. Silvicultura urbana

La figura 4 de la imagen satelital del año 1996 donde se evidencia la expansión del territorio urbano y la disminución de las áreas cubiertas de vegetación natural y cultivada mostrando su avance hacia el extremo norte en los distritos de San Martín de Porres y Comas, en el caso de Los Olivos en los espacios donde al periodo anterior aún seguían las áreas cultivadas y plantaciones arbóreas como también frutales.

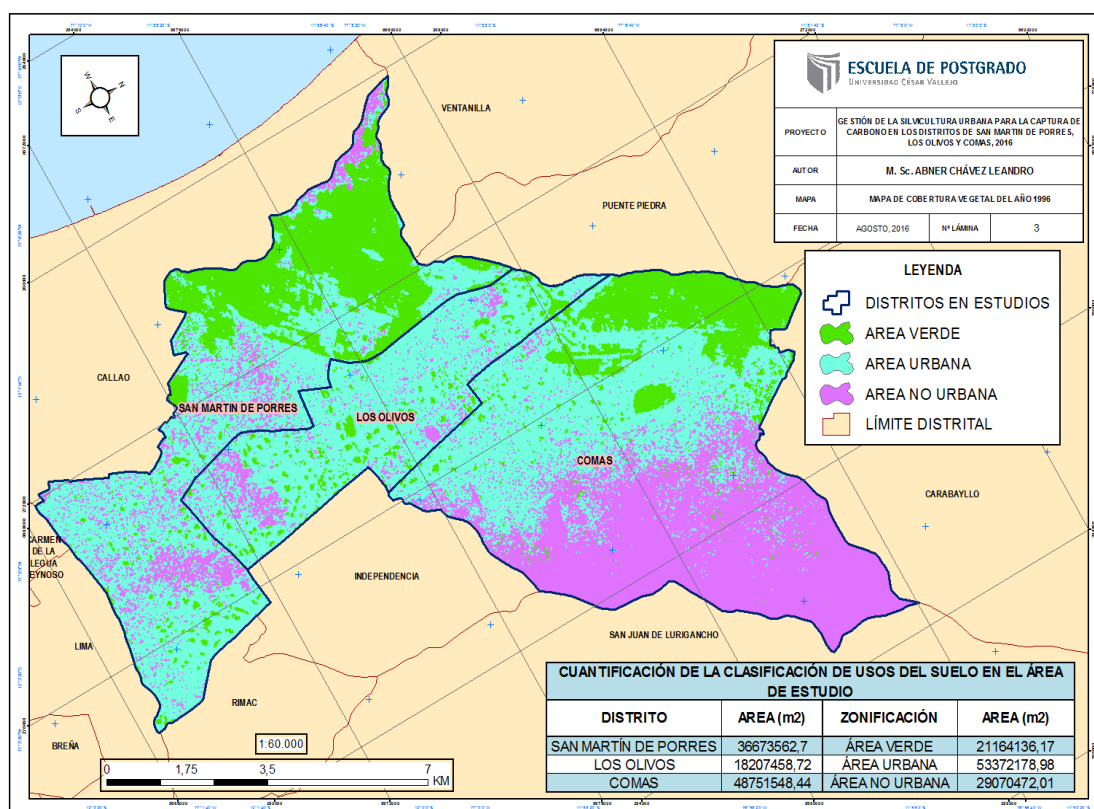


Figura 4. Clasificación del uso de la tierra en la expansión urbana y la realidad de la silvicultura del año 1996 en el territorio de Lima Norte

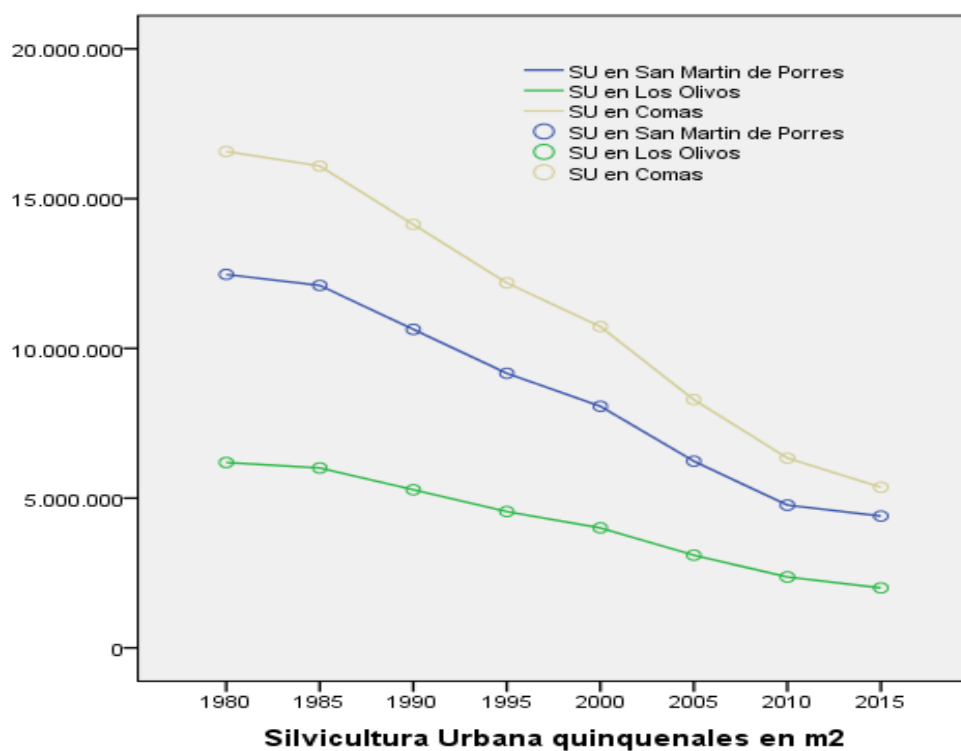
Sin perder de vista los resultados en los presentados en la figuras 3, 4 y 5, es importante destacar que en cuanto a las áreas verdes constituido por los cultivos aún remanentes, el arbolado natural periférico y plantado en los parques, bermas y las avenidas, la tendencia también en forma sostenida es decreciente en 40 años disminuye en un índice mayor a la expansión urbana así en San Martín de Porres disminuye en 5229,37 m<sup>2</sup> que representa pérdida del 51,53 % de área verde en período del año 1980 y el 2016; En los olivos en este mismo período se

disminuye en 2678,84 m<sup>2</sup> que significa el 50,52 % de pérdida de área verde, que al año 1980, el área verde que controlaba la contaminación del aires con dióxido de carbono; y en Comas, se pierde 7172,76 m<sup>2</sup> y constituye el 50,59 % de disminución del área verde (figura 6) que con el tiempo es ocupado por edificaciones en el avance de la expansión urbana.

Tabla 4

*Medidas de posición y variación de la cubierta vegetal (m<sup>2</sup>) en un período de 40 años de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en Lima Norte.*

Distritos	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Índice de crecim.
					Límite inferior	Límite superior	
San M. P.	8	8480761,87	3157441,81	1116324,26	5841074,45	11120449,20	-0,5153
Los Olivos	8	4187715,51	1602138,13	566441,37	2848294,51	5527136,51	-0,5052
Comas	8	11212856,14	4289819,68	1516680,29	7626477,14	14799235,15	-0,5059
Total	24	7960444,51	4259164,21	869398,25	6161957,19	9758931,82	



*Figura 5. Tendencia de la pérdida del área de la silvicultura urbana en un periodo de 40 años de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima*

### 3.1.3 Biodiversidad urbana

Las figuras 2, 4 y 6 que muestran la expansión urbana y la pérdida de las áreas verdes, que está siendo compensado en algo con el arbolado de los parques, bermas y avenidas de la ciudad al año 2016, una vez más evidencia el avance del crecimiento de la zona urbana que no solo ocupa las áreas cultivadas sino los cerros que constituyen zonas de protección. Se ha visto pérdida de más de 50 % de la cobertura vegetal y cambiada con un arbolado cuya diversidad se expresa en la tabla 7.

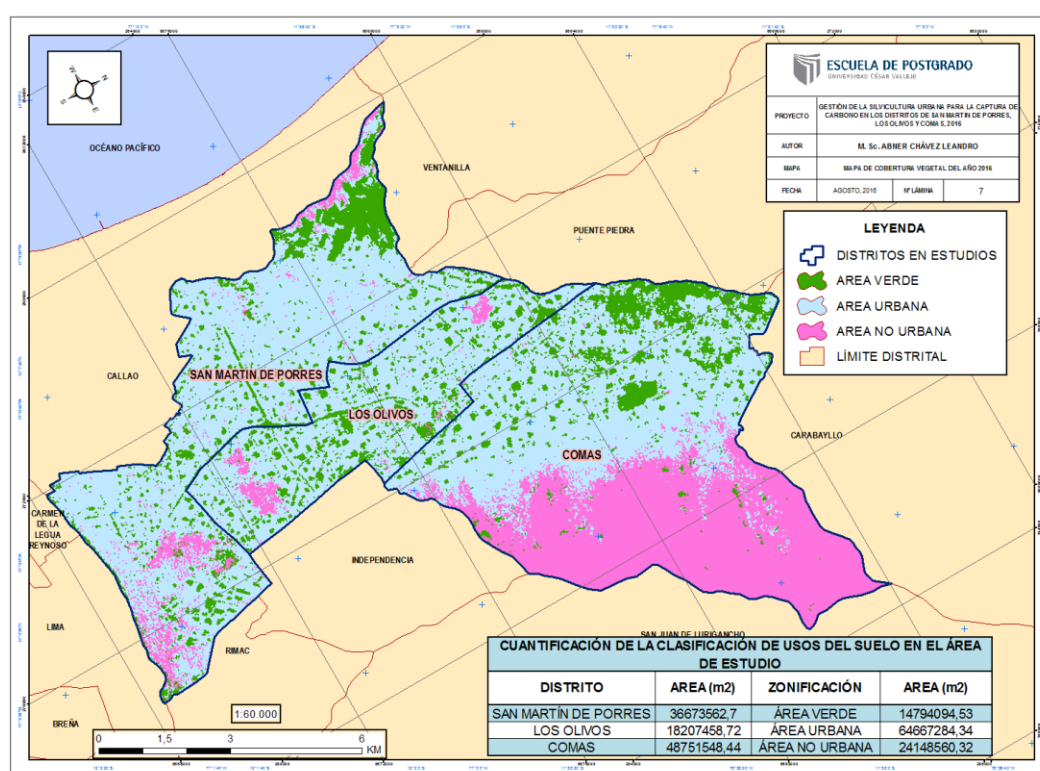


Figura 6. Clasificación del uso de la tierra en la expansión urbana y la realidad de la silvicultura del año 2016 en el territorio de Lima norte

En la tabla 5 y el contexto de la figura 6, se presenta las especies predominantes identificadas en los puntos de inventario donde se han evaluado las medidas de diámetro basal del tallo principal, el fuste del follaje, la densidad de plantación, número de plantas y especies. En el mapa se evidencia incrementos de áreas con arbolado que difiere aparentemente cuando la expansión no cobertura las zonas planas y laderas de en tres distritos. Se han identificado 21 especies de árboles

ornamentales y frutales que varía entre 4 a 20 especies en el distrito de San Martín de Porres; de 6 a 30 especies en Los Olivos y de 1 a 21 especies en Comas, resultado que permite destacar que en los Olivos se ha encontrado mayor diversidad y menos en Comas y San Martín de Porres.

Tabla 5

*Medidas de posición y variación de la diversidad de especies del arbolado urbano en el período actual de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en Lima norte*

Distritos	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
San Martín de Porres	21	12,1429	16,82940	3,67248	4,4822	19,8035
Los Olivos	21	18,5238	25,33697	5,52898	6,9906	30,0571
Comas	21	11,2381	22,28207	4,86235	1,0954	21,3808
Total	63	13,9683	21,66309	2,72929	8,5125	19,4240

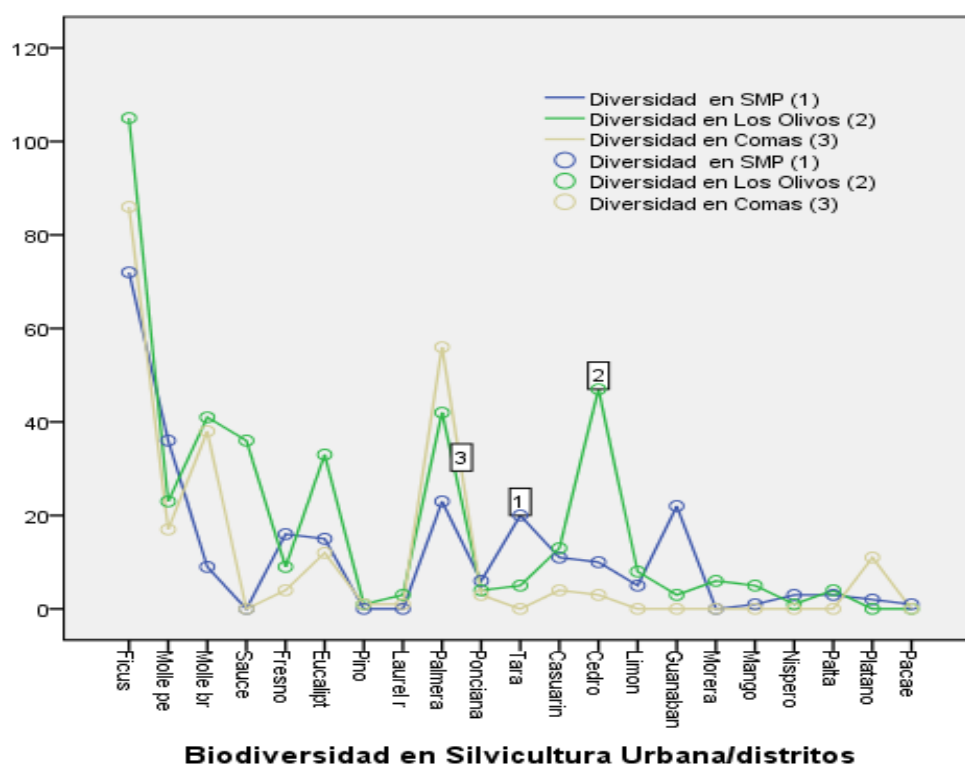


Figura 7. Tendencia de la diversidad de especies del arbolado con número de plantas por especie en un periodo actual de los tres distritos de Lima Norte



La figura 7 muestra que la especie que más predomina en los tres distritos, se trata de una especie exótica denominado ficus (*Ficus indica* L.), seguido del molle peruano (*Schinus molle* L) y molle brasileño (*Schinus sp.*), en Comas y Los Olivos también destaca palmera de abanico y en Los olivos eucaliptos (*Eucaliptus glóbulos* L.). En San Martin de Porres se ha encontrado especies frutales Como guanábana (*Anona muricata* L) y plátano (*Musa sativa* L.) y oro frutales que aparecen en forma aislada.

### 3.1.4 Captura de carbono

En la tabla 6 y en concordancia con los mapas de las áreas verdes figuras 2, 4 y 6 como variable dependiente, la captura de carbono, en el período de 1980 a 2015 se han estimado la cantidad de CO<sub>2</sub> del aire han pasado ser parte de la estructura de las plantas y se expresa en Tm/Ha/año; los resultados indican que en Comas se capturaron un promedio de 51,67 Tm y con el correr del tiempo las pérdidas de 68,19 Tm en 1980 se bajó a 35,14 Tm al año 2015 que representa a una disminución en la captura en promedio anual de 51,57 %; en San Martin de Porres con una eficiencia de captura promedio de 39,21 Tm/Ha/año, baja en su capacidad de captura en 52,52 %; en Los Olivos aparentemente es el más bajo en cuanto a la cantidad de carbono capturado por que registra un promedio de 25,35 Tm/Ha/año con una tasa promedio de menos pérdida del 51,53 % . La tendencia mostrada en la figura 8 muy similares en San Martin de Porres y Los Olivos, en Comas el descenso sigue la misma tendencia que los quinquenios anteriores.

Tabla 6

*Medidas de posición y variación de la captura de carbono (kg/m<sup>2</sup>/año) del arbolado urbano período quinquenal de los tres distritos de Lima Norte.*

Distritos	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Índice de incremento
					Límite inferior	L. superior	
San Martin de P.	8	39,2066	14,59685	5,16077	27,0033	51,4098	-0,5252
Los Olivos	8	25,3524	9,69934	3,42924	17,2436	33,4613	-0,5153
Comas	8	51,6688	19,76749	6,98886	35,1428	68,1949	-0,5157
Total	24	38,7426	18,24720	3,72469	31,0375	46,4477	

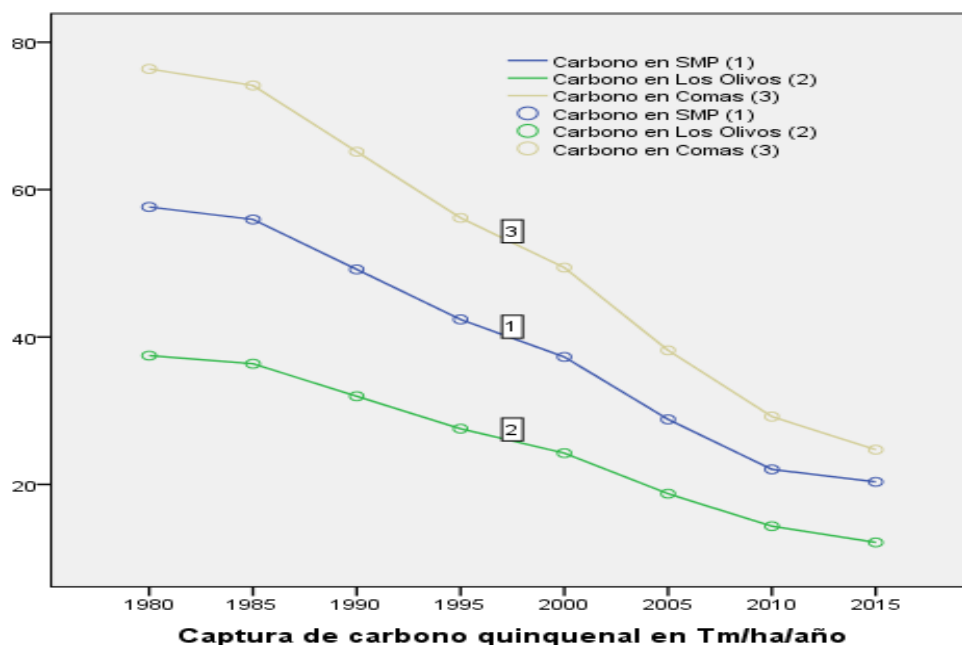


Figura 8. Tendencia de la captura de carbono del arbolado en un periodo quinquenal de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima

### 3.1.5 Captura de carbono actual

Si bien es cierto que el objetivo del estudio es conocer la gestión municipal en crecimiento urbano expresados por la expansión y los cambios en la cobertura vegetal en tres ciudades que ha seguido las rutas de crecimiento de la ciudad capital de nuestro país, esta evaluación permite conocer el potencial de la diversidad de especies con los que se ha construido el arbolado de la ciudad.

Tabla 7

*Medidas de posición y variación de la captura de carbono (kg/m<sup>2</sup>) en el período actual de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en Lima Norte*

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
San Martín de P.	6	49,3333	9,50088	3,87872	39,3628	59,3039
Los Olivos	6	53,5000	9,35414	3,81881	43,6834	63,3166
Comas	6	46,6667	7,73736	3,15876	38,5468	54,7865
Total	18	49,8333	8,84673	2,08520	45,4340	54,2327

La figura 8 muestra en detalle el registro en los seis puntos donde se han levantado los inventarios para determinar la biodiversidad y el manejo en cuanto a densidad y estado de desarrollo. En Los Olivos se estimó un promedio de 53,5 Kg/m<sup>2</sup>/año de carbono en los espacios ocupados por árboles, seguido San Martín de Porres con una media de 49,33 kg/m<sup>2</sup>/año de carbono y el tercero Comas por una capacidad de captura de carbono de 46,66 Kg/m<sup>2</sup>/año. Estos resultados guarda relación con la diversidad y predominancia de especies de árboles probablemente con mayor capacidad fotosintética que probablemente sea mayores áreas cubiertas por el molle (*Schinus molle* L) y otras con buen fuste que permita una cubierta vegetal más compacta.

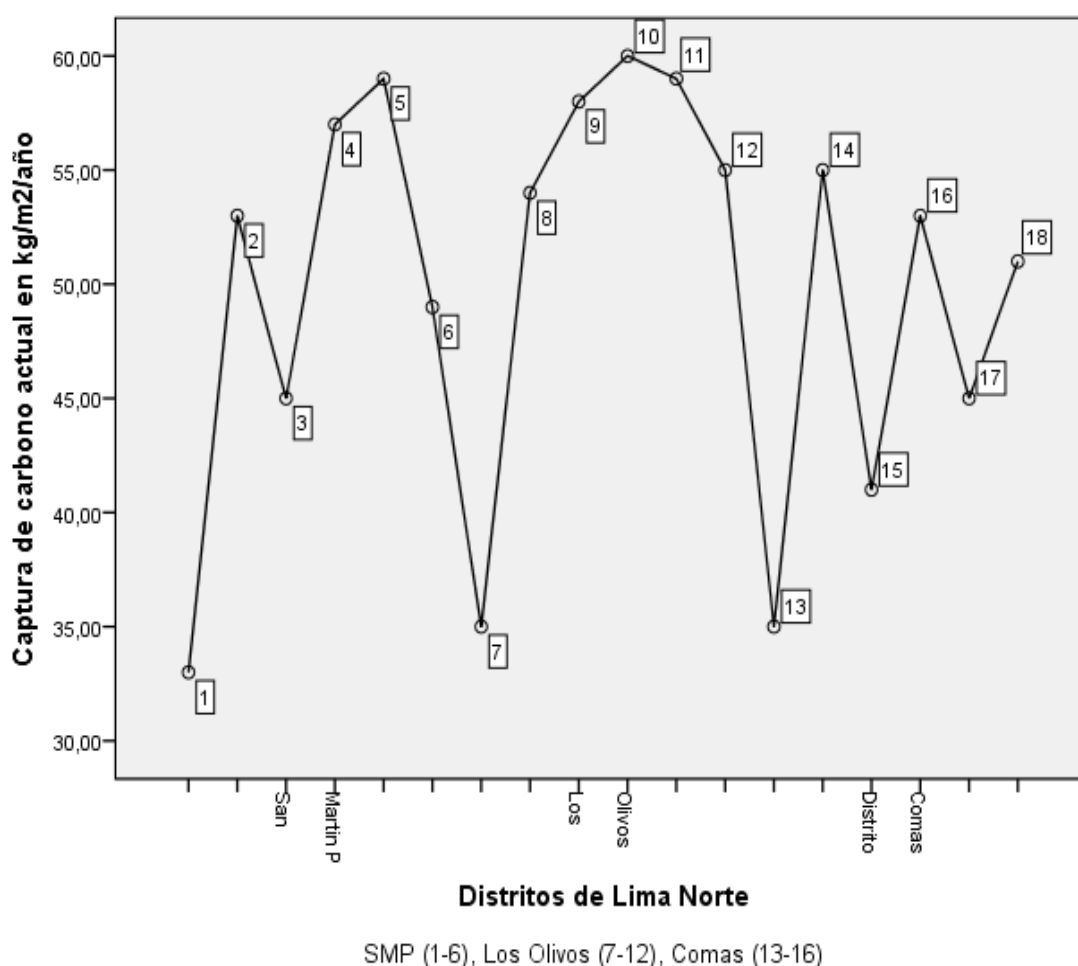


Figura 9. Tendencia de la captura de carbono del arbolado actual en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima

### 3.2. Resultados inferenciales

#### 3.2.1 Crecimiento y silvicultura urbana en la captura de CO<sub>2</sub>.

##### Hipótesis general

H<sub>0</sub>. La gestión del crecimiento urbano como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura urbana no tiene implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) de los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en los períodos 1980 - 2015.

H<sub>1</sub>. La gestión del crecimiento urbano como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura urbana tiene implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) de los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en los períodos 1980 - 2015.

Tabla 8

*Prueba de regresión múltiple de la extensión y silvicultura urbana en la captura de carbono de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en período 1980 – 2015.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,890 <sup>a</sup>	0,792	0,831	297262,50

Los resultados de la tabla 8, muestran que el coeficiente de regresión es muy alta al igual que el coeficiente de determinación (R cuadrado corregida) de 0,831, un coeficiente alto, permite considerar como un análisis aplicable para generar el modelo de predicción que se tendría en cuenta en la gestión en la captura de carbono en Lima Norte, si los responsables de los gobiernos locales y las instituciones responsables tengan a bien aplicarlos.

La prueba de ANOVA, tabla 8, con un coeficiente de “F” de Fisher de 76,41 donde  $p: 0,000 < \alpha: 0,01$  permite rechazar la hipótesis nula y se acepta que la expansión urbana y la silvicultura urbana tiene implicancia significativa en la captura de carbono, como proceso de intercambio de los gases de efecto invernadero y en particular de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en los tres distrito de Lima Norte.

Tabla 9

*Prueba de análisis de variancia (ANOVA) de la expansión y silvicultura urbana en la captura de carbono de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en período 1980 – 2015*

ANOVA <sup>a</sup>					
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	1358772,00	2	679386,5	76,41	,000 <sup>b</sup>
Residual	45,47	5	88,95		
Total	1358773, 80	7			

a. Variable dependiente: Captura de carbono Kg/m2/año

b. Variables predictoras: (Constante), Silvicultura urbana m2, Expansión urbana total m2

Según los resultados que se presenta en la tabla 9 es importante destacar que la relación entre expansión urbana y la silvicultura en la ciudad es inversa por cuanto se ha visto una tendencia sostenida de la expansión urbana avanzando hacia las tierras de los cultivos y ahora hacia las zona de protección (laderas) las áreas verdes que constituyeron los cultivos, la forestación y en parte la silvicultura urbana sigue una tendencia hacia la disminución de las áreas verdes. El modelo resultante es como sigue:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639X_2$$

El modelo indica que la captura de carbono disminuye en la medida de que expansión urbana sube y en relación a las áreas verdes la captura del carbono se incrementara en la medida que la silvicultura urbana también crezcan; el modelo indica que por cada unidad de la silvicultura se incrementaría la captura en unidades de carbono, si las medidas fueran m2 de follaje arbóreas se acumularían 48,639 Kg/m2/año.

De acuerdo a los resultados expuesto es importante confirmar que las variables expansión urbana ha seguido su curso aprovechando las áreas de cultivos disponibles en espacios de tierras planas y con disponibilidad de agua, que en un tiempo fueron haciendas y en estos tiempos se expanden a los espacios que deberían considerar como zonas de protección que son los cerros. La diferencia con valor de t: 706,479 con un p valor (p: 0,000 < α: 0,01) indica que

en silvicultura urbana existe diferencias significativas entre los distritos y por consiguiente su implicancia en la captura de CO<sub>2</sub>, por tanto se infiere: “La gestión en la expansión urbana, como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura urbana tiene implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) de los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en los períodos quinquenales de 1980 al 2015”

Tabla 10

*Prueba de regresión lineal múltiple de la gestión en expansión y silvicultura urbana para la captura de carbono de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en período 1980 – 2015*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	8050,920	10903,625		,738	,493
Expansión urbana total m <sup>2</sup>	-,104	,132	-,031	-,792	,465
Silvicultura urbana m <sup>2</sup>	48,639	,069	,989	706,479	,000

### 3.2.2 Gestión del crecimiento urbano

#### Hipótesis específico 1

H<sub>0</sub>. En la expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población no existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015

H<sub>1</sub>. En la expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015

En la tabla 11 se presenta la prueba de significación de “F” de Fisher y prueba de ANOVA que muestran diferencias significativas en la expansión urbana en el período de 40 años, si bien es cierto existe diferencia en cuanto a extensión territorial en esta oportunidad se han estimado la expansión en períodos de 5

años y este incremento es significativo en promedio del crecimiento urbano dado que  $p: 0,000 < \alpha: 0,01$ , tal como se establece en la comparación.

Tabla 11

*Prueba de ANOVA de la expansión urbana de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)*

Fuentes de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Distritos	1741717198,00	2	870858599,40	310,80	,000
Variable aleatoria	58842104,80	21	2802004,42		
Total	1800559302,00	23			

Tabla 12

*Prueba de HASD de Tukey de la expansión urbana (Ha) de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)*

HSD de Tukey <sup>a</sup>	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Los Olivos	8	1235,83 (c)		
San Martín de Porres	8		2477,75 (b)	
Comas	8			3309,01 (a)
Sig.		0,955	0,955	0,955

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8.000.

La prueba de HASD de Tukey de la tabla 12 precisa la diferencia entre el crecimiento en cada uno de los distritos, así en Comas el crecimiento urbano equivalente a más 3 mil Has es superior al de San Martín de Porres que arroja un promedio de crecimiento de más de 2 mil Has y este a su vez mayor que Los Olivos, que su expansión es de más de mil Has en un período de 40 años, registrándose como el crecimiento más bajo; estos resultados se evidencian en los mapas de los años 1986, 1996 y 2016. Los Olivos es la urbanización que está alcanzando cubrir casi todas sus áreas libres, San Martín y Comas aún disponen de espacios libres con cultivos y vegetación natural de entorno como también los

cerros, por lo que se infiere: “La expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población tiene diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 al 2015”.

### 3.2.3 Gestión de la silvicultura urbana

#### Hipótesis específico 2

H<sub>0</sub>. En la silvicultura urbana como respuesta a la expansión de la ciudad no existen diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015

H<sub>1</sub>. En la silvicultura urbana como respuesta a la expansión de la ciudad existen diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015

En la tabla 13 se presenta la prueba de significación de “F” de Fisher que prueba que la silvicultura urbana muestran diferencias significativas en la disminución de la silvicultura en el período de 40 años, si bien es cierto existe diferencia en cuanto a extensión territorial la estimación para períodos de 5 años y esta pérdida es significativa por que  $p: 0,001 < \alpha: 0,01$ .

Tabla 13

*Prueba de ANOVA de la silvicultura urbana de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)*

Fuentes de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Distritos	2006591,66	2	100329,58	9,729	,001
Componente aleatorio	216571,87	21	10312,95		
Total	417231,03	23			



La prueba HASD de Tukey de la tabla 14 precisa la diferencia entre la silvicultura en cada uno de los distritos, así en Comas con 1121 has y San Martín de Porres con 848 has, las diferencias en disminución de áreas verde no son significativas mientras que en Los Olivos con 418 Has existe menos espacios con plantaciones de árboles y arbustos que los dos similares, diferencia muy notoria en los mapas de los años 1986, 1996 y 2016 es el distrito donde ya las urbanizaciones están alcanzando a cubrir casi todas sus áreas libres. Es importante tener en cuenta que mayores áreas libres siempre han tenido los distritos de Comas y San Martín de Porres, por estas razones se infiere: “La silvicultura urbana como respuesta a la expansión de la ciudad tiene diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 al 2015”

Tabla 14

*Prueba de HASD de Tukey de la silvicultura urbana (Ha) en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)*

HSD de Tukey <sup>a</sup>	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Los Olivos	8	418,72	
San Martín de Porres	8		848,77
Comas	8		1121,86
Sig.		,000	,228

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8.000.

### 3.2.4 Gestión de la captura de carbono

#### Hipótesis específico 3

Ho. En la captura de carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura urbana no existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015

H1. En la captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura urbana existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015

En la tabla 15 según el ANOVA donde la prueba de "F" con un coeficiente estimado de 5,960 muestra que existe diferencias significativas en la captura de carbono en los tres distritos en estudio por cuanto  $p: 0,000 < \alpha: 0,01$ , los resultados analizados de los incrementos quinquenales, 1980 – 2015.

Tabla 15

*Prueba de ANOVA de la captura de carbono de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)*

Fuentes de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Distritos	2772,797	2	1386,399	5,960	,009
Componente aleatorio	4885,293	21	232,633		
Total	7658,090	23			

Tabla 16

*Prueba de HASD de Tukey de la captura de carbono en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)*

Captura de carbono Tm/ha/año	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Los Olivos	8	25,35	
San Martín de Porres	8	39,21	39,21
Comas	8		51,67
Sig.		,189	,254

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8.000.

La prueba de HASD de Tukey de la tabla 16 precisa la diferencia entre la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> en cada uno de los distritos, así en Comas con

51,67 Tm/Ha/año y San Martín de Porres con 39,21 Tm/Ha/año, no existe diferencia estadística, similar resultado muestran entre San Martín de Porres y Los Olivos pese haber registrado 25,35 Tm/Ha/año estadísticamente muestran la misma capacidad de captura de carbono, Es importante hacer notas que el distrito de Comas superó en cantidad de captura de carbono al registrado en Los Olivos. por estas razones se infiere: “La captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura muestra diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 al 2015”

### 3.2.5 Gestión de la biodiversidad

#### Hipótesis específica 4

Ho. La gestión de la silvicultura urbana actual como respuesta a la expansión urbana no muestra diferencias significativas en la biodiversidad en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.

H1. La gestión de la silvicultura urbana actual como respuesta a la expansión urbana existen diferencias significativas en la biodiversidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.

Tabla 17

*Prueba de ANOVA de la biodiversidad de la silvicultura urbana en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)*

Fuentes de variabilidad actual	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Biodiversidad actual	662,317	2	331,159	,699	,501
Componente aleatorio	28433,619	60	473,894		
Total	29095,937	62			

En la tabla 17 según el ANOVA donde la prueba de “F” con un coeficiente estimado de 0,699 muestra que no existe diferencias significativas en la captura de carbono en los tres distritos en estudio por cuanto el p valor indica que p: 0,501

$> \alpha: 0,05$ , este resultado es motivo de análisis de rangos múltiples para conocer cómo va la gestión de los gobiernos locales de los tres distritos.

Tabla 18

*Prueba de HASD de Tukey de la biodiversidad de la silvicultura urbana en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 40 años (1980 – 2015)*

Tukey B <sup>a</sup>		
HSD de Tukey <sup>a</sup>		Subconjunto para alfa = 0.05
Biodiversidad en los distritos	N	1
Comas	21	11,2381
San Martín de Porres	21	12,1429
Los Olivos	21	18,5238
Sig		,511

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 21.000.

La prueba de Tukey de la tabla 18 precisa la diferencia entre el estado actual de la biodiversidad en cada uno de los distritos, así en Los Olivos con un promedio de 19 especies arbóreas ocuparía el primer lugar, el segundo San Martín de Porres con 13 especies y Comas con una media de 12 especies, pero estas diferencias estadísticamente no son significativas tal como se tiene  $p: 0,511 > \alpha: 0,05$  y constituye solo un grupo.

### 3.2.6 Captura de carbono actual

#### Hipótesis específica 5

H<sub>0</sub>. La gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana no existe diferencias significativas en la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.

H<sub>1</sub>. La gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana existe diferencias significativas en la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas

En la tabla 19 según el ANOVA donde la prueba de “F” con un coeficiente estimado de 0,898 muestra que no existe diferencias significativas en la captura de carbono en los tres distritos en estudio por cuanto  $p: 0,428 > \alpha: 0,05$ , este resultado que depende de la capacidad fotosintética de las especies de árboles que se encuentran instalados en los diferentes parques, avenidas y jardines; también es motivo de análisis aplicando la prueba de rangos múltiples Tukey para conocer la diferencia de captura de CO<sub>2</sub> en los sitios donde se levantó el inventario de la biodiversidad.

Tabla 19

*Prueba de ANOVA de la captura de carbono actual en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.*

Captura de carbono actual					
Fuentes de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Distritos	142,333	2	71,167	,898	,428
Componente aleatorio	1188,167	15	79,211		
Total	1330,500	17			

Tabla 20

*Prueba de HASD de Tukey de la captura de carbono actual en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.*

HSD de Tukey <sup>a</sup>		Subconjunto para alfa = 0.05
Captura de carbono actual en los Distritos	N	
		1
Comas	6	46,667
San Martín de Porres	6	49,333
Los Olivos	6	53,500
Sig.		,401

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000.

La prueba de Tukey de la tabla 20 precisa la diferencia entre la capacidad de captura de carbono en cada uno de los distritos, así en Los Olivos con un promedio de 53,5 Kg/m<sup>2</sup>/año ocupa el primer lugar, San Martín de Porres con

49,333 kg/m<sup>2</sup>/año el segundo lugar y Comas con una media de 46,665 Kg/m<sup>2</sup>/año en tercer lugar, pero estas diferencias no son significativas porque  $p: 0,401 > \alpha: 0,05$  y constituye solo un grupo por lo que se infiere que la captura de carbono no muestran diferencias significativas.

## **IV. Discusión**

## Discusión

Los resultados del coeficiente de determinación de 0,831, en un nivel alto, permite considerar como un indicador de la implicancia de los factores determinantes en la disminución de la captura de carbono que ha sido progresivo en forma sostenida en la evaluación quinquenal desde el año 1980 al año 2015.

La prueba de F del análisis de variancia donde  $p: 0,000 < \alpha: 0,01$  permite aceptar que el crecimiento urbana en expansión sostenida con la consiguiente disminución de las áreas verdes también en forma sostenida está demostrando que la gestión de los gobiernos locales están conduciendo a la disminución también sostenida de la captura de carbono, como proceso de intercambio de los gases de efecto invernadero y en particular de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en los tres distrito de Lima norte.

Los resultados obtenidos prueba que la relación entre crecimiento del área urbanizada y la silvicultura urbana por cuanto se ha visto una tendencia sostenida de la expansión urbana avanzando hacia las tierras de los cultivos y ahora hacia las zona de laderas, las áreas verdes que constituyeron los cultivos, la forestación y las áreas verdes de la ciudad siguen una tendencia hacia la disminución de las áreas verdes. El modelo resultante es:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639 X_2$$

Ecuación que indica que la captura de carbono disminuye en la medida de que expansión urbana crece y en cuanto a silvicultura la captura del carbono se incrementara en la medida que la silvicultura urbana también crezcan; el modelo indica que por cada unidad de la silvicultura se incrementaría la captura en unidades de carbono, si las medidas fueran m<sup>2</sup> de follaje arbóreas se acumularían 48,639 Kg/m<sup>2</sup>/año.

De los antecedentes citados es importante tener en cuenta a Tovar-Corzo (2013), quien en su trabajo sobre logros de la investigación que lleva el título "Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia" consolida los antecedentes de la arboricultura y avances en estos tiempos como silvicultura sobre la base de los



resultados obtenidos de la aplicación de una encuesta a las autoridades ambientales con el propósito conocer la realidad en el ámbito de su nación, este trabajo tuvo en cuenta aspectos de orden técnico, administrativo y jurídico en la gestión y el manejo del árbol en las áreas urbanas de Colombia. En sus conclusiones coincidentes a la realidad peruana por el acelerado crecimiento de los centros poblados, la falta de desarrollo normativo, la ausencia de un programa integrado para el manejo del arbolado urbano único que permita efectuar el adecuado mantenimiento de los árboles existentes y la planificación de las expansiones urbanas tienen una arborización madura, con alto porcentaje de presencia de especies foráneas, como el ficus (*Ficus indica*) seguido del molle Brasileño (*Eschinus sp*) cuando nuestro país cuenta con ingentes especies arbóreas maderables y frutales nativas en las diferentes zonas de vida del territorio, se coincide en la propuesta que necesario realizar un diagnóstico sobre el avance no solo de establecimiento del arbolado sino para identificar los aspectos débiles de la actividad para, por supuesto, idear y poner en marcha estrategias que permitan su mejoramiento y una gestión como silvicultura urbana planificada (SUP).

En el Perú, Estrella (2012) al tratar sobre el tema “Crecimiento de las ciudades, el impacto ambiental, y nuevos paisajes” precisa que el crecimiento de ciudades es un proceso histórico y social de todo los pueblos del mundo basado “en experiencias, conocimientos y prácticas exitosas, seleccionadas a través de siglos, para satisfacer las necesidades individuales y colectivas de una comunidad en particular” Se coincide que las ciudades de Lima Norte que nos ocupa muestra para satisfacer las necesidades físicas de un crecimiento de sus habitantes no solo por el crecimiento natural de las familias sino también por los fenómenos de las migraciones del campo a la ciudad son múltiples, algunos optan por ajustarse a ciertos patrones espaciales susceptibles de ser replicados, adaptados e implementados en otros contextos. De contar con políticas de un crecimiento urbano sobre la base de estudios o planes de un ordenamiento territorial, sería otro nuestra realidad, es más si el propósito sería para fines de control de la contaminación y el cambio climático estaríamos liderando en la adopción de la silvicultura urbana como ciencia del ambiente.

De acuerdo a los resultados expuestos, es importante confirmar que las variables expansión urbana ha seguido su curso aprovechando las áreas de cultivos disponibles en espacios de tierras planas y con disponibilidad de agua, que en un tiempo fueron haciendas y en estos tiempos se expanden a los espacios que deberían considerar como zonas de protección que son los cerros. La diferencia con valor de t: 706,479 con un p valor ( $p: 0,000 < \alpha: 0,01$ ) indica que en silvicultura urbana existen diferencias significativas entre los distritos y por consiguiente su implicancia en la captura de CO<sub>2</sub>. Con la prueba de Tukey mostró la diferencia entre el crecimiento entre los distritos, así en Comas el crecimiento urbana equivalente a más 3 mil Has que equivale al 7,74 % de crecimiento quinquenal, en San Martín de Porres más de 2 mil Has, equivalente al 7,39 % de su territorio y en Los Olivos más de mil Has, equivalente al 7,72 % de su territorio en un período de 40 años, esta tendencia seguirá su curso mientras el área geográfica permita su expansión; estos resultados se evidencian en los mapas de los años 1986, 1996 y 2016. Los Olivos es la urbanización que está alcanzando cubrir casi todas sus áreas libres, San Martín y Comas aún disponen de espacios libre con cultivos y vegetación natural de entorno como también los cerros en Comas.

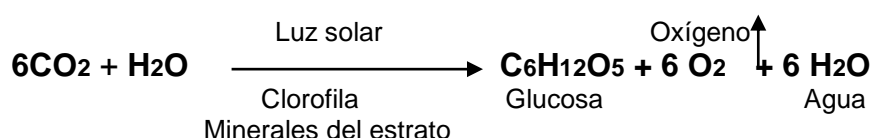
Sobre el particular es importante tener en cuenta la experiencia de Morales, (2006) que analizando los avances de la Autoridad Ambiental del Valle de Aburrá, dice que en cumplimiento de sus funciones y competencias, viene generando procesos de planificación del espacio público conjuntamente con los municipios, no sólo desde la visión tradicional del desarrollo sino desde una óptica ecosistémica, donde la vegetación no solo se constituye en un eje articulador del paisaje urbano, sino responsable de la salud urbana, termina publicando la relación de los árboles ornamentales y los elementos de manejo en el Valle de Aburrá. El precisar y contrastar áreas o espacios de lo que aún siguen considerando como arboricultura urbana no vendrían al caso, pero si se va vislumbrando que las áreas verdes de las ciudades deben merecer otro enfoque en la gestión de los gobiernos, según su competencia.

Los resultados del presente trabajo en silvicultura por distritos precisa que en Comas con 1121 has y San Martín de Porres con 848 has, las diferencias en

disminución de áreas verde no son significativas mientras que en Los Olivos con 418 Has existe menos espacios con plantaciones de árboles y arbustos que los dos similares, con tasas de pérdida de áreas verdes en San Martín de Porres de -0,515; en Los Olivos de -0,505 y en Comas de -0,506. La ONU (2016) en un amplio compendio de muchas experiencias publicado como documento de trabajo 14 titulado “Los bosques y el cambio climático en el Perú” permite reforzar lo que se tiene conocimiento que la riqueza en cuanto a la biodiversidad natural, con comentarios sobre las ciudades que se han ubicado y crecido bajo las condiciones naturales en las tres grandes regiones del país que resultaría importante recuperarlas para poner en práctica la silvicultura urbana para hacer frente al cambio climático sin descuidar la biodiversidad de los bosques naturales. Reporte que orienta hacia el convencimiento que la silvicultura urbana en los tres distritos deben concretar acciones para que con la gestión en silvicultura urbana se haga frente al cambio climático.

En captura de carbono los distritos, en Comas con 51,67 Tm/Ha/año y San Martín de Porres con 39,21 Tm/Ha/año, no se encontró diferencia estadística, similar resultado fueron para San Martín de Porres y Los Olivos pese haber registrado 25,35 Tm/Ha/año, estas diferencias puede atribuirse a tres principales factores: La primera las especies exóticas predominantes como el ficus; la segunda la edad de los árboles y la tercera la capacidad fotosintética por el manejo del hábitat, precisamente experiencias en otros países y cuando el problema se relaciona con el cambio climático con enfoques globales, ya se estaría entrando en el terreno de áreas urbanas para el mejoramiento del microclima, calidad del aire y reducción del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Claro que es indiscutible que la vegetación y en especial los árboles, son componentes de los ecosistemas y ellos determinan el clima de una determinada área, porque los árboles disminuyen la intensidad de radiación solar, el movimiento del aire, regulan la humedad y temperatura del ambiente circundante, así Villee (1996) citado por Borrero (2012) al comentar reportes de diferentes autores dice que la sombra de los árboles pueden reducir la temperatura promedio de un edificio en 5°C ; aminorar la velocidad del viento hasta en un 60% en zonas arbóreas; reducir la influencia de la radiación solar en un 90% o más evitando el calentamiento del

aire de superficies bajo la cubierta arbórea, además sostiene que árboles individuales con un DAP entre 60-90 cm, tienen la capacidad de retener hasta 50 kg de carbono por año; más aún, en Santiago, árboles con DAP entre 10 y 50 cm secuestran aprox. el 70% del carbono anual. Los sistemas de eliminación de contaminantes del aire son: absorción de gases tóxicos, especialmente el CO<sub>2</sub>, por las hojas o la superficie del suelo, liberando oxígeno, hechos que se prueba simplemente con recordar la función de la fotosíntesis que se realiza preferentemente en las hojas:



Los beneficios de esta reacción son invaluable e intangibles que los ecosistemas y sus biomásas ponen a disposición de la sociedad de manera natural e influyen en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades. (Reyes y Gutiérrez, 2010 p. 97).

Es esta oportunidad avanzamos hasta conocer el estado actual de la biodiversidad en cada uno de los distritos, así en Los Olivos con un promedio de 19 especies arbóreas ocuparía el primer lugar, el segundo San Martín de Porres con 13 especies y Comas con una media de 12 especies, pero estas diferencias estadísticamente no son significativas y la capacidad de captura de carbono en los sitios de inventario con la biodiversidad y la forma como se están conduciendo permite precisar la diferencia entre la capacidad de captura de carbono en cada uno de los distritos, así en Los Olivos con un promedio de 53,5 Kg/m<sup>2</sup>/año ocupa el primer lugar, San Martín de Porres con 49,333 kg/m<sup>2</sup>/año el segundo lugar y Comas con una media de 46,665 Kg/m<sup>2</sup>/año en tercer lugar, pero estas diferencias no resultaron significativas probablemente porque en su composición también son similares. En este punto resulta importante y permite ubicarnos comparativamente en relación a los que han avanzado sobre en el tema de silvicultura urbana y la captura de carbono como en Colombia aún que no se ha profundizado estudios en cuanto a la captura de carbono, encontramos a Lopera y Gutiérrez, (2000), en su tesis conjunta titulado "Viabilidad técnica y económica de la utilización de plantaciones de *Pinus patula* como sumideros de CO<sub>2</sub>" para este

fin realizaron muestreo de los árboles, en el corregimiento de San Antonio de Prado (Medellín, Colombia); donde establecieron 44 parcelas en plantaciones con y sin manejo, de las especie cuyos árboles de edades entre 6, 47, 29 y 61 años, los reportan que determinaron un incremento medio anual (IMA) de 7.36 m<sup>3</sup>/ha/año y una estimación de fijación de CO<sub>2</sub> de 5.25 tc/ha/año, lo que permitió el 29.61 toneladas de fijación de dióxido de carbono como componente de la biomasa activa de las plantaciones.

En Costa Rica, Centro América, Madrigal (1997), en un estudio titulado “Almacenamiento y fijación de carbono en un bosque de altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica” planteado para conocer la fijación del carbono ambiental en un bosque de rebles motivado por la necesidad de contrarrestar los efectos producidos de las actividades antrópicas predominantes, como la tala de árboles y la consiguiente cambio de uso de tierra bien sea para la agricultura o ganadería. La metodología utilizada fue el registro de datos para la elaboración de una tabla del volumen comercial total y neto de la especie para estimar la cantidad de carbono (CO<sub>2</sub>) almacenado en los árboles de roble y la cantidad de carbono residual (no utilizado) que es liberado a la atmósfera. Al término del estudio concluyó que existe una correlación significativa entre el diámetro y el volumen comercial total y neto.

Finalmente con mayor aproximación al presente trabajo Domínguez (2016), en su tesis de grado de maestra en Administración Integral del Ambiente titulado “Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO<sub>2</sub> vehicular en Tijuana B.C” en México sostiene que “las áreas urbanas emiten grandes cantidades de dióxido de carbono, sin embargo el arbolado de los parques puede capturar este gas y actuar como sumideros naturales dentro de las ciudades” por este motivo el estudio para conocer el potencial de captura de la vegetación urbana en relación con el CO<sub>2</sub> emitido entre otros por los vehículos del parque automotor no es suficiente, pero si es necesario para formular medidas de mitigación del fenómeno conocido como cambio climático. La autora presenta el siguiente resumen;

## **V. Conclusiones**

## Conclusiones

**Primera.** La gestión en la expansión urbana, como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura tiene implicancia significativa en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas; a su vez responde al siguiente modelo de predicción, con significativo y sostenido crecimiento urbano y la disminución también sostenida de la silvicultura y la captura del carbono cuyo modelo de predicción es:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639X_2$$

**Segunda.** La expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población tiene diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos en el período de 1980 al 2015; Comas con tasas de crecimiento de 0,078 se expandió en 3309 hectáreas; San Martín de Porres con tasa de crecimiento de 0,704 creció en 2478 hectáreas y los Olivos con tasa de crecimiento de 0,077 se extendió en 1236 hectáreas.

**Tercera.** En la silvicultura urbana como respuesta a la expansión de la ciudad existen diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos de Comas con índice de disminución sostenida de -0,506 dispone una media de 1121,1 Ha; San Martín de Porres con tasa de 0,515 ocupa 890 Ha sin diferencias significativas entre ellos, pero si superando ambos al promedio distritos al de Los Olivos que registra una tasa de -0,505 y una media de 418,71 Ha en el quinquenio de 1980 - 2015

**Cuarta.** La captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura urbana muestra diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos en el siguiente orden: Comas con una tasa de disminución en relación al quinquenio anterior de -0,516 en 51,68 kg/m<sup>2</sup>/año; el distrito de San Martín de Porres con una tasa de decrecimiento de 0,515 en 39,21 kg/m<sup>2</sup>/año y en Los Olivos que registra una tasa de -0,505 captura de 25,35 kg/m<sup>2</sup>/año de carbono

acumulado en el arbolado de la ciudad, según evaluación en el período del año 1980 al 2015.

- Quinta.** La gestión de la silvicultura actual como respuesta a la expansión urbana no muestra diferencias significativas en la diversidad de especies de arboricultura en los distritos de Lima Norte, así en los Olivos se identificó 18 especies entre especies forestales y frutales; en San Martín de Porres 13 especies entre forestales y frutales; y en Comas 12 especies con predominancia de las forestales.
- Sexta.** La gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana no existe diferencias significativas en la realidad de los distritos de Lima Norte en el siguiente orden: Los Olivos equivalente a 53,5 kg/m<sup>2</sup>/año; San Martín de Porres a 49,33 kg/m<sup>2</sup>/año; y Comas con 46 kg/m<sup>2</sup>/año, diferencias no significativas y ordenados por su constitución florística.
- Sétima.** El crecimiento urbano sigue una tendencia de crecimiento por la presión del crecimiento natural de población y la migraciones territoriales que en 40 años ha desplazado las áreas de cultivo para unir la metrópoli con el territorio del distrito de Ancón y en poco tiempo con la provincia de Huaral con la consecuente desplazamiento de las áreas productivas y áreas verdes, encargadas de la regulación del cambio climático y control de la contaminación ambiental.



## **VI. Recomendaciones**

## Recomendaciones

- Primera.** La EPG entregue como aporte de la Universidad César Vallejo un ejemplar de la tesis a las municipalidades de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas para que el estudio sirva de base para incorporar al Plan de Gobierno Municipal como un Programa de Silvicultura Urbana para la captura de carbono
- Segunda.** Continuar con los trabajos complementarios al presente como la determinación de la eficiencia fotosintética de las especies establecidas en cada uno de los distritos de Lima Norte e introducir nuevas especies con propiedades adecuadas para la silvicultura urbana.
- Tercera.** Al Perú optar por el cambio del modelo horizontal de urbanismo al de modelo Vertical con enfoque eco sistémico con gestión de la silvicultura urbana para frenar el cambio climático, la contaminación del aire e incorporar especies con valor agregado por el producto generado.
- Cuarta.** Puesta en valor de las especies forestales ornamentales y productivas en lugar de las exóticas que no contribuyen con la homeostasis, la tranquilidad y la salud de la población.
- Quinta.** A la Universidad César Vallejo y otras Universidades incorporar como asignatura obligatoria en las carreras profesionales de Ingeniería Ambiental y afines el curso de Silvicultura Urbana, como Ciencia del Ambiente.
- Sexta.** Continuar con estudios similares en las principales ciudades de las regiones del país y a las instituciones educativas utilizar sus espacios libre para la conservación de especies forestales y ornamentales y frutales en peligro de extinción.

## **VII. Referencias**

## Referencias

- Aguilar, L. (2010). Gobernanza: El nuevo proceso de gobernar. Ciudad de México: Fúr Die Freiheit. *Revista de Administración Pública, Fundación Freidrich Naumann para la Libertad.*
- Akbari, H.; Davis, S.; Dorsano, S.; Huang, J. y Gwinnett, S. (1992). *Cooling our communities: A guidebook on tree planting and light-colored surfacing*, LBL-Lawrence Berkeley Laboratory, CA; Environmental Protection Agency, Washington, DC [Google Scholar](#)
- Asociación Chilena de Municipalidades ACHIM (1996) *Gestión Ambiental Municipal*, Asociación Chilena de Municipalidades, Santiago, Chile, p.273
- Balderrama, S.; Lujan, C.; Hernandez, G. y Castruita, L.V. (2008). Captura de carbono en bosque de coníferas de la sierra Tarahumara en Chihuahua, México, *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales.*
- Brown, S. y Lugo, A. (1984) *Biomass of tropical forest: a new estimate bases of forest.*
- Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA (2002) *Áreas verdes en el Gran Santiago. Área de ordenamiento territorial y recursos naturales*, CONAMA Región Metropolitana.
- Contardi, H. (1980) Nueva concepción ecológica-tecnológica sobre los espacios verdes urbanos, *Ecología 5*, p. 105.
- Domínguez Madrid, Ana Yurendy (2016) *Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO2 vehicular en Tijuana, B.C.* trabajo para obtener el grado de Maestra en Administración Integral del Ambiente. Colegio de la Frontera del Norte, Mexico.
- Dwyer, J.; Mcpherson, E; Schroeder, H. and Rowntree, R. (1992) *Assessing the benefits and costs of the urban forest. Journal of Arboriculture*, 18(5) 227-234.

- Estrella, S. (2012). *El crecimiento de las ciudades, el impacto ambiental, y nuevos paisajes*. Materia: Historia Universal. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net/RobertoMartinic/crecimiento-y-expansin-urbana>
- FAO (2010) *Standing Tall: Exemplary Cases of Sustainable Forest Management in Latin American and the Caribbean*. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean. Santiago, Chile. 276 p.
- Flores, D. (2002) *Lineamiento base para el ordenamiento territorial del parque Metropolitano de Santiago como área de recreación urbana*. Memoria Ing. Forestal, Santiago. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 128 p.
- Gayoso, S (2002) *Costos y Potencial de captura de CO2 para plantaciones de Pinus Radiata D. Don en la Provincia de Valdivia, X Región Chile*. Bosques PROcarbono UACH. Programa de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile.
- Heisler, G. (1986) *Energy savings with trees*. *Journal of Arboricultura*, 12: 113-125.
- Heisler, G. (1990) *Mean windspeed below building height in residential neighborhoods with different tree densities*. *ASHRAE Trans.*, 96 (1): 1389-1396.
- Hernández, J; Bown, H; De La Maza, C.L. y Raby, D. (2004). *La necesidad de inventariar el arbolado urbano: El caso de la comuna de La Reina en Santiago de Chile*. pp. 26-49. In: Seminario Internacional: Funciones y valores del arbolado urbano. Proyecto FONDEF D0011078, Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 195 p.
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. (2016) *Metodología de la Investigación*, cuarta edición. Mc Graw-Hill, Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Hull, B. (1992) *How the public values urban forests*. *Journal of Arboricultura*, 18 (2): 89-101.

- International panel of climate change IPCC, (2003) *Orientación sobre las buenas prácticas para el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y selvicultura (UTCUTS)*. Organización meteorológica mundial Genova, Suiza, pg.15 en: [http://unfccc.int/files/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/training-material/methodological-documents/application/pdf/11-bis-handbook-on-lulucf-sector.pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_natcom/training-material/methodological-documents/application/pdf/11-bis-handbook-on-lulucf-sector.pdf), consultado el 02 de febrero de 2016
- International panel of climate change IPCC, (2013) *Cambio climático 2013 Bases físicas – Resumen para responsables de políticas*. OMM-PNUMA, Noruega. Pag.16
- Jimenez, C. (1998) *Plan de Desarrollo de áreas verdes para el sector de la población Independencia en la ciudad de Valdivia*. Memoria Ing. Forestal, Valdivia, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile
- Kuchelmeister, G. (1998) *urban forestry in the Asia-Pacific region-status and prospects. Asia-Pacific forestry sector outlook study working paper series N° 44*. Rome, FAO
- Kuchelmeister, G. y Braatz, S.(1993) La selvicultura urbana y periurbana. Una nueva visión de la selvicultura urbana. *Unasyuva, Revista Interna de selvicultura e Industrias Forestales* N°173 vol. 44
- Le Quéré, C; et.al. (2015) Global carbon budget 2015. *Earth System Science Data, Copernicus Publications*, vol. 7, núm 2, p. 349-396
- Lopera y Gutiérrez, (2000). *Viabilidad técnica y económica de la utilización de plantaciones de Pinus patula como sumideros de CO<sub>2</sub>*. Tesis de grado conjunta para optar el titulado de Ingeniero Forestal, UNC, sede Medellín
- Mahecha, G; Sanchez, F; Chaparro, J; et al (2010). *Arbolado Urbano de Bogotá, identificación, descripción y bases para su manejo* Colombia.

- Martinez, M.A. (2005) *Bases para el manejo del arbolado urbano de las principales vías de acceso a la comuna de Maipú, Región Metropolitana*. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, Universidad de Chile.
- Martinez-Trinidad, T. e Yslas L. (2008) *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica SIG en el manejo del arbolado urbano*. Urban Forestry South, recuperado de <http://urbanforestrysouth.org>
- Nowak, D. J; Stein, S.M; Randler, P.B; Greenfield, E.J; Comas, S.J; Carr, M.A; Alig, R.J. (2010) *Sustaining America's urban trees and forests: a Forests on the Edge report*. Gen. Tech. Rep. NRS-62. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 27 p.
- Nowak, D.J. (1993). Atmospheric carbon reduction by urban trees. *Journal of Environmental Management* 37: p. 207-217.
- Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2016) *Bosques y Cambio Climático en el Perú*. Roma Italia.
- Ortiz, R. y Kanninen, M. (s/f) *Evaluación económica del servicio de sumidero de carbono en diferentes ecosistemas forestales, del Programa de Investigación CATIE*, recuperado de:  
<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0701e/A0701e.pdf>
- Otaya L.A; Sánchez R. de J; Morales, L. y Botero,V. (2006) Los sistemas de información geográfica (SIG) una gran herramienta para la selvicultura urbana. *Revista de la Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado de [www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v59n1/a08v59n01.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v59n1/a08v59n01.pdf)
- Pardos, J. A. (2010) *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*, Madrid, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria - Alimentaria Ministerio de Ciencia e Innovación, Junio, p. 253 recuperado de:  
[http://www.inia.es/gcontrec/pub/60587OT\\_LIBRO\\_WEB\\_1277883079734.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/60587OT_LIBRO_WEB_1277883079734.pdf), consultado el 22 de enero del 2016.

- Rügnitz, M. T; Chacón, M. L.; Porro, R. (2009) *Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales* - Primera edición, Lima, Perú (2009).
- Samayoa, O. (2010) *Conceptos básicos de REDD+ enfoque nacional vs. Sub nacional, implicancias y alternativas*. Organización Forest Trends.
- Segura, M. (1997) *Almacenamiento y fijación de carbono quercus costaricensis en un bosque de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica*. Tesis para optar el grado de Licencia en Ciencias Forestales con concentración en manejo forestal. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Tena, J. (2010) *Capacidad de captura de carbono de las especies arbóreas: schinus molle L. y Negrium oleander L. en el parque Lloque Yupanqui de Los Olivos, Lima*. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad César Vallejo, Lima.
- Tewari, D. (1995) *Forest garden, parks and urban environmet*. Dehra Dun, India, International Book Distributors
- Torpoco, D; Carlos, G. y Moreno, P. (2008). *Cuantificación del Carbono Fijado por el Bosque de Eucaliptus globulus Labiel del fundo Porvenir, el Tambo-Huancayo- Junín*
- Tovar-Corzo, G. (2013). *Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia*. Artículo Bitácora 22. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado de <http://www.oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-file/57c59a889ca266ee653326f970cb14a/aproximacionalaselvicultura.pdf>
- Ulrich, R.S. (1990) *The role of trees in human well-being and health*. Proceedings of the National Urban Forestry Conference. American Forestry Association. Washington, DC. p. 25-30.
- Valdez, A. A. (2012) *Estimación del Contenido y Balance de Carbono en un bosque de Nothofagus Pumilio y una Turbera de Sphagnum Magellanicum*



*en Tierra de Fuego, Chile.* Tesis para optar el título de biólogo con mención en medio ambiente. Universidad de Chile.

## **Anexo**

## Anexo 1

### ARTICULO CIENTIFICO

#### 1. TITULO

Gestión del crecimiento - silvicultura urbana para la captura de carbono en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima 1980-2015

#### 2. AUTOR

Abner Chavez Leandro, [chaveza\\_15@hotmail.com](mailto:chaveza_15@hotmail.com), candidato a doctor de la Universidad César Vallejo

#### 3. RESUMEN

Esta investigación titulada Gestión del crecimiento y silvicultura urbana para la Captura de Carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, 1980 – 2015, desarrollado como investigación de tipo aplicada, el diseño no experimental longitudinal periódica por quinquenios; surgió del análisis de la realidad de la expansión de las ciudades. En el desarrollo del proyecto se ha recurrido al uso de la información satelital existente en el Sistema de Información Geográfica, primero para el levantamiento de los mapas luego la delimitación de las áreas construidas, la vegetación en el ámbito del territorio urbanizado y no urbanizado. Con ayuda del programa Arc View Gis 8,3 se levantó el registro quinquenal a partir del año 1980; asimismo, complementado con levantamiento de información mediante un inventario en la ciudad de las áreas con vegetación.

Los resultados han probado que el crecimiento urbano y la destrucción de la vegetación, tiene implicancias en la captura de carbono con un crecimiento sostenido del área urbana, la disminución de la cubierta vegetal y la captura del CO<sub>2</sub>, principal contaminante del aire; el estudio condujo a la determinación del modelo:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639X_2$$

**4. Palabras clave:** Arbolado urbano, emisiones de CO<sub>2</sub>, sumidero de carbono, expansión urbana y biodiversidad

## 5. ABSTRACT

This research entitled management of growth and urban forestry for the capture of carbon (CO<sub>2</sub>) in the districts of San Martín de Porres, Los Olivos and Comas, 1980-2015, developed as research of applied type, longitudinal non-experimental design periodic for five-year periods; It emerged from the analysis of the reality of the expansion of the cities, In the development of the project it has resorted to the use of the satellite information existing in the geographic information system, first for the mapping then delimitation of built areas, vegetation in the area of the territory urbanised and not urbanized and with assistance of the Arc View Gis 8.3 rose from the year 1980 five-year registration; also, it was necessary to get information and do an inventory in the areas with vegetation,

The results have proved that urban growth and the destruction of vegetation, has implications on carbon capture with growth sustained in the urban area, decreased vegetation cover and the capture of CO<sub>2</sub>, the main pollutant of the air, the study led to the determination of the model:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639X_2$$

**6. Key words:** urban trees, CO<sub>2</sub> emissions, sink of carbon, urban expansion and biodiversity.

## 7. RESUMO

Esta pesquisa intitulada Gestão do crescimento e da silvicultura urbana para a captura de carbono (CO<sub>2</sub>) nos distritos de San Martín de Porres, Los Olivos e Comas, 1980-2015, desenvolvido como pesquisa do tipo aplicada, projeto não-experimentais longitudinal periódicas por períodos de cinco anos; Verificou-se a partir da análise da realidade da expansão das cidades. No desenvolvimento do projeto recorreu-se ao uso da informação por satélite existentes no sistema de informação geográfica, primeiro para o mapeamento e delimitação de áreas construídas, vegetação na área do território urbanizadas e não urbanizadas e com assistência do Arc View Gis 8.3 aumentou a partir do ano 1980 registro de cinco

anos; Além disso, era necessário obter informações e fazer um inventário nas áreas com vegetação.

Os resultados provaram que crescimento urbano e a destruição da vegetação, tem implicações na captura de carbono com crescimento sustentado em área urbana, diminuição da vegetação de cobertura e a captura de CO<sub>2</sub>, o principal poluente do ar, o estudo conduzido para a determinação do modelo:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639 X_2$$

**8. Palavras-chave:** árvores urbanas, as emissões de CO<sub>2</sub>, dissipador do carbono, a expansão urbana e a biodiversidade.

## 9. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades extendiéndose progresivamente hacia su entorno, siempre ha sido y será un problema en la gestión de los gobiernos locales, lo que no se debe a un crecimiento y extensión de las familias del lugar, sino mayormente de migrantes de las zonas rurales y del campo hacia los principales centros poblados; por otro lado, no hace mucho en nuestro país como en la mayoría de ciudades, el manejo de áreas verdes han sido constituidas con fines estrictamente estéticos tanto en los parques, avenidas y bermas de uso público, así como en los jardines de responsabilidad familiar; para bien, estos criterios han ido cambiando poco a poco, para reconocer el verdadero valor ambiental de los ecosistemas urbanos. Es grato saber por ejemplo, que en Colombia entra en vigor normas sobre manejo del arbolado urbano y se plantea una política de aproximación a la Silvicultura Urbana, propuesta liderada por la Universidad Nacional de Colombia (Tovar-Corzo 2013 ); en Chile la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile, se ocupa del manejo del arbolado urbano de las principales vías de acceso a la comuna de Maipú, región metropolitana (Martínez, 2005) y en el mundo contemporáneo la silvicultura urbana se torna importante para la salud ambiental de las urbes y avanza hacia la agricultura urbana para compensar la falta de alimentos por la improductividad de los campos y las crecientes migraciones de sus pobladores hacia las ciudades.

Sin lugar a dudas muchos países del mundo, y entre ellos varios sudamericanos, han mostrado avances importantes para el reconocimiento de los beneficios ambientales que se obtienen con una buena gestión de la arboricultura urbana (cultivo de árboles en ciudades), tanto en áreas metropolitanas, urbanizaciones y zonas marginales; este hecho ha posicionado a las áreas verdes o cobertura arbórea como un componente principal en los Planes de Desarrollo Urbano o Plan Maestro, por consiguiente en la planificación para el ordenamiento de la infraestructura urbana bajo el nuevo paradigma de Silvicultura Urbana, en esta línea, algunos países como Colombia apuntan hacia el eco urbanismo.

Colombia no ha sido ajena al éxodo masivo de campesinos hacia sus principales ciudades, que ha generado un incremento demográfico desmedido y provocado el crecimiento de las urbes, sobrepasando su capacidad de planificación. Se estima que para 2019 el 80% de la población colombiana vivirá en ciudades (Escobar, 2009) lo cual aumentará los índices de contaminación ambiental.

Actualmente las ciudades afrontan procesos de densificación y son objetos de la aplicación de políticas de expansión urbana y construcción de sistemas de transporte masivo; en nuestro país, la situación es aún más crítica, es fácil verificar que la expansión urbana no solo han desplazado campos de cultivo sino avanzan hacia las áreas de su entorno que deben ser considerados como zonas de protección, en la ciudad capital el problema es aún más crítico; por tanto, con el fin de mitigar los efectos de la concentración poblacional y el cambio climático se ha visto como una oportunidad para contribuir con lo que ha ocurrido y ocurrirá con los ecosistemas urbanos de tres distritos más cercanos al centro histórico de la ciudad de Lima – Perú, para el manejo adecuado de sus coberturas arbóreas y con ello mejorar la calidad de vida de sus pobladores. Por estos motivos se planteó “Cómo la gestión del crecimiento y la silvicultura urbana (cobertura natural y de plantación) como respuesta al crecimiento de la población han tenido implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015”

## 10. METODOLOGIA

El diseño de esta investigación fue no experimental y longitudinal porque se estudia los cambios desde la década de los años hasta el año 2015 ocurridos en los tres distritos más importantes de Lima Norte. Es no experimental, porque se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes, sino la expresión de los cambios por acciones antrópicas, básicamente por la expansión urbana en lugares que en un tiempo no muy lejano eran haciendas productoras de caña de azúcar, frutales y otros cultivos. Lo que se hace en la investigación es observar fenómenos tal y como se dieron en su contexto por lo que es *expost-facto* de lo ocurrido y los cambios no son inducidos por el investigador, al respecto, Díaz, (2009, p. 116) cita a Kerlinger, quien señala al respecto: “La investigación no experimental o *expost-facto* es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones”.

El diseño de análisis de los resultados es una relación causal, analizado por regresión múltiple aplicando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{j2} + E_{ij}$$

Donde:

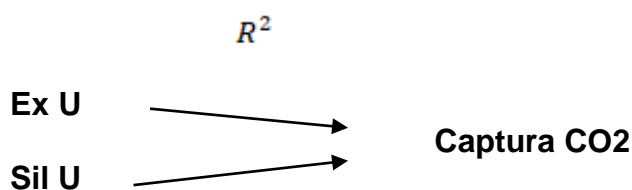
$Y_{ij}$ .- Variable respuesta: captura de carbono (CO<sub>2</sub>)

$\beta_0$ .- Tasa de incremento (constante)

$\beta_1 x_{i1}$ .- Variable expansión urbana

$\beta_2 x_{j2}$ .- Variable silvicultura urbana

El modelo de predicción permitirá conocer la realidad sobre las implicancias de la expansión urbana y la arboricultura en la gestión de la captura de CO<sub>2</sub> principal elemento del efecto invernadero y la contaminación ambiental, siguiendo el sentido del diagrama:



- V. Independiente 1: Crecimiento urbano
- V. Independiente 2: Silvicultura urbana
- V. Dependiente: Captura de carbono
- V. Interviniente: Capacidad de captura de la silvicultura urbana

El estudio se realizó en los territorios de los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas ubicados en el norte de Lima metropolitana, provincia y departamento de Lima. Las ciudades de Lima Norte situados entre las cuencas bajas del Río Rímac y Chillón ocupan una superficie que representa el 5% del territorio de Lima Norte y el 1,7% de Lima Metropolitana. Las coordenadas de los tres distritos son: 6° 10' 19" Latitud Norte y 75° 35'09" al Oeste del Meridiano de Greenwich.

Inicialmente se pensó utilizar la cartografía básica en escala 1:1000 suministrada por el Instituto Geofísico Nacional o los catastros de los gobiernos locales, pero por la naturaleza del trabajo se necesitaría 24 planos por quinquenios desde el año 1980 que obligaba remover archivos en cada distrito; por esta razón se optó por recurrir información satelital y con ayuda de la plataforma tecnológica Arc View GIS 8.3. Se rescató las imágenes para constituir el archivo de los planos digitales.

El inventario de los árboles se hizo teniendo en cuenta los individuos que fueran mayores a 1,30 m de altura, sin considerar las especies vegetales herbáceas típicas de jardinería. Se determinó las especies y distanciamiento entre plantas para determinar la densidad en los puntos determinados previamente siguiendo criterios de representatividad de áreas con árboles indistintamente entre parques y avenidas. En estos mismos puntos se registraron las mediciones de diámetro y fuste de las especies arbóreas.

Para el análisis del arbolado urbano, se calcularon los índices de diversidad más relevantes, con el fin de poder identificar las especies y su abundancia dentro de un mismo ambiente. Para la diversidad se han identificado las especies e inventariado el número de árboles por especies. Esta información se utilizó para determinar de la captura de carbono por áreas inventariada y luego estimar la captura del carbono en cada punto predeterminado del territorio urbano.

La base de datos con que se diseñó fue el software Microsoft Access®.



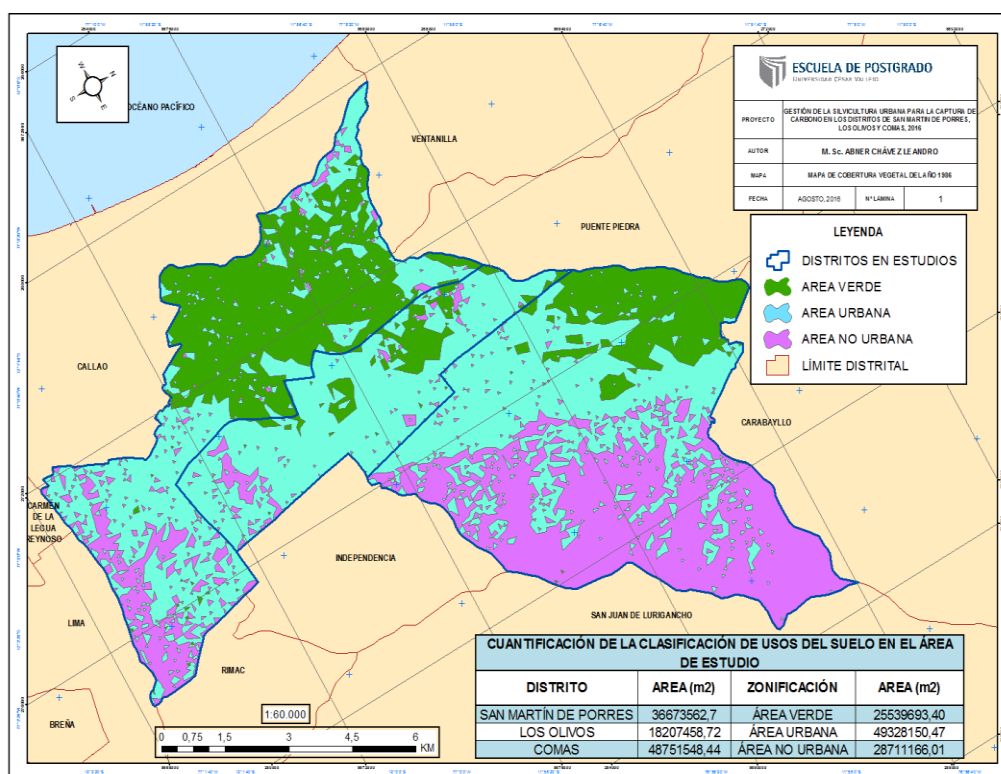
dado que es un sistema gestor de bases de datos relacionales (SGBD) que incluye herramientas para ayudar a precisar el diseño de la base de datos, donde las entidades son los árboles, y los atributos son las características registradas en el registro de campo, para evitar problemas más adelante en el funcionamiento de la base de datos. El Modelo Entidad Relación (MER) garantiza la organización de todas los arboles con sus relaciones en un solo esquema de representación de las cosas como son en realidad.

Se trabajó con la plataforma tecnológica Arc View GIS 8.3. Primero se ubicaron los árboles en los planos digitales en cada distrito, representados por un punto. La ubicación se realizó utilizando la información geográfica de la cual se disponía los puntos registrados de los espacios inventariados en cada distrito. Esto se hizo digitalizando directamente los puntos en ArcMap®, previa determinación el territorio de ubicación, usando para ello las ubicaciones de las áreas identificadas en la imagen satelital. El código identificador de cada área fue registrado previamente en el sistema luego se determinó el área de cada punto del arbolado

## **11. RESULTADOS.**

### **11.1 Gestión del crecimiento urbano**

La figura 1 muestra la realidad de la expansión urbana de los distritos tomados en estudio, San Martin de Porres, cuenta con el área urbanizada más extensa en el extremo sur y con mayor extensión de área verde en extremo norte oriente; Los Olivos, en la mayor parte de su territorio está urbanizado, es evidente que territorialmente es el más urbanizado, sin embargo aún cuenta con áreas verdes en los lugares de uso agrícola en lo que fue tierras productivas de los propietarios que aún no urbanizaban y Comas en el extremo sur está aún con áreas de cultivos y con mayor territorio de tierras eriazas y de laderas; esta información fue la realidad más elocuente el año 1986, según la imagen de la lectura satelital donde



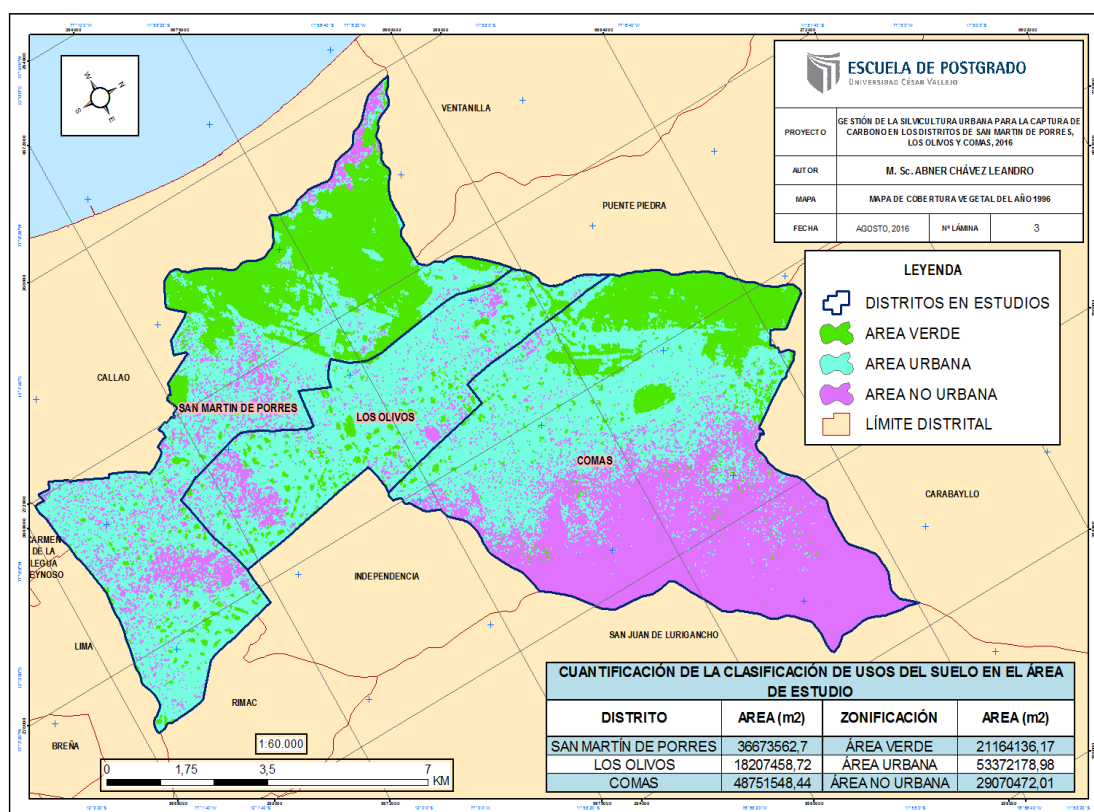
*Figura 1.* Clasificación del uso de la tierra en la expansión urbana y la realidad de la silvicultura del año 1986 en el territorio de Lima Norte

En la tabla parte de la leyenda de los mapas y las estimaciones correspondientes, las medidas de posición de la expansión urbana, los datos promedios de crecimiento en 40 años donde en San Martín de Porres de 1980 al 2016 con un territorio urbano de 2342 Has, se expande en 270 Ha. (7,34%), Los Olivos con una extensión 1166 Has se expande en 140 Ha (7,72 %) y Comas con un territorio de 3121 Has se expande en 372 Ha (7,74%). La tendencia objetiva queda expresados en la figura 3 con índices de crecimiento sostenido en 40 años de 0,0739, 0,0772 y 0,0774 respectivamente.

## 11.2 Silvicultura urbana

La figura 2 de la imagen satelital del año 1996 donde se evidencia la expansión del territorio urbano y la disminución de las áreas cubiertas de vegetación natural y cultivada mostrando su avance hacia el extremo norte en los distritos de San Martín de Porres y Comas, en el caso de Los Olivos en los espacios donde al

periodo anterior aún seguían las áreas cultivadas y plantaciones arbóreas como también frutales.



*Figura 2.* Clasificación del uso de la tierra en la expansión urbana y la realidad de la silvicultura del año 1996 en el territorio de Lima norte

Sin perder de vista los resultados en los presentados en la figuras 1, 2 y 3, es importante destacar que en cuanto a las áreas verdes constituido por los cultivos aún remanentes, el arbolado natural periférico y plantado en los parques, bermas y las avenidas, la tendencia también en forma sostenida es decreciente en 40 años disminuye en un índice mayor a la expansión urbana así en San Martín de Porres disminuye en 5229,37 m<sup>2</sup> que representa pérdida del 51,53 % de área verde en período del año 1980 y el 2016; En los olivos en este mismo período se disminuye en 2678,84 m<sup>2</sup> que significa el 50, 52 % de pérdida de área verde, que al año 1980, el área verde que controlaba la contaminación del aires con dióxido de carbono; y en Comas, se pierde 7172,76 m<sup>2</sup> y constituye el 50,59 % de disminución del área verde (figura 6) que con el tiempo es ocupado por edificaciones en el avance de la expansión urbana.

### 11.3 Biodiversidad urbana

Las figuras que anteceden muestran la expansión urbana y la pérdida de las áreas verdes, que están siendo compensado en algo con el arbolado de los parques, bermas y avenidas de la ciudad al año 2016, una vez más evidencia el avance del crecimiento de la zona urbana que no solo ocupa las áreas cultivadas sino los cerros que constituyen zonas de protección. Se ha visto pérdida de más de 50 % de la cobertura vegetal y cambiada con un arbolado..

En el contexto y de la lectura de los mapas las especies predominantes identificadas en los puntos de inventario donde se han evaluado las medidas de diámetro basal del tallo principal, el fuste del follaje, la densidad de plantación, número de plantas y especies. En el mapa se evidencia incrementos de áreas con arbolado que difiere aparentemente cuando la expansión no cobertura las zonas planas y laderas de en tres distritos. Se han identificado 21 especies de árboles ornamentales y frutales que varía entre 4 a 20 especies en el distrito de San Martín de Porres; de 6 a 30 especies en Los Olivos y de 1 a 21 especies en Comas, resultado que permite destacar que en los Olivos se ha encontrado mayor diversidad y menos en Comas y San Martín de Porres.

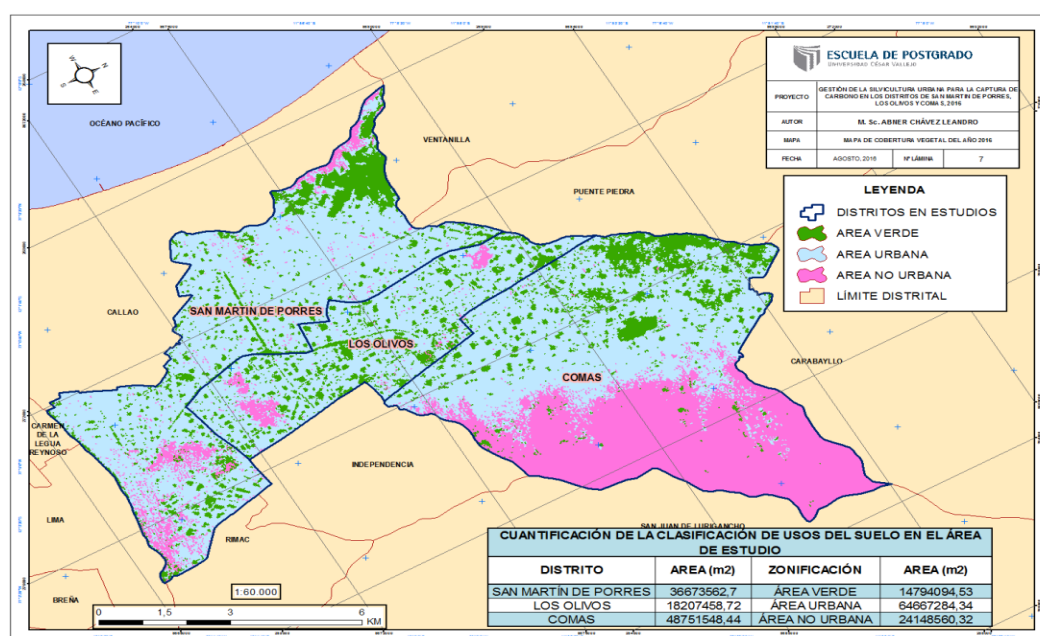


Figura 3. Clasificación del uso de la tierra en la expansión urbana y la realidad de la silvicultura del año 2016 en el territorio de Lima norte

### 11.4 Captura de carbono

En concordancia con los mapas de las áreas verdes como variable dependiente, la captura de carbono, en el período de 1980 a 2015 se han estimado la cantidad de CO<sub>2</sub> del aire han pasado ser parte de la estructura de las plantas y se expresa en Tm/Ha/año; los resultados indican que en Comas se capturaron un promedio de 51,67 Tm y con el correr del tiempo las pérdidas de 68,19 Tm en 1980 se bajó a 35,14 Tm al año 2015 que representa a una disminución en la captura en promedio anual de 51,57%; en San Martín de Porres con una eficiencia de captura promedio de 39,21 Tm/Ha/año, baja en su capacidad de captura en 52,52 %; en Los Olivos aparentemente es el más bajo en cuanto a la cantidad de carbono capturado por que registra un promedio de 25,35 Tm/Ha/año con una tasa promedio de menos pérdida del 51,53 %.

La tendencia mostrada en la figura 8 muy similares en San Martín de Porres y Los Olivos, en Comas el descenso sigue la misma tendencia que los quinquenios anteriores.

Tabla 5

*Medidas de posición y variación de la captura de carbono (kg/m<sup>2</sup>/año) del arbolado urbano período quinquenal en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.*

Distritos	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Índice de incremento
					Límite inferior	Límite superior	
San Martín de P.	8	39,2066	14,59685	5,16077	27,0033	51,4098	-0,5252
Los Olivos	8	25,3524	9,69934	3,42924	17,2436	33,4613	-0,5153
Comas	8	51,6688	19,76749	6,98886	35,1428	68,1949	-0,5157
Total	24	38,7426	18,24720	3,72469	31,0375	46,4477	

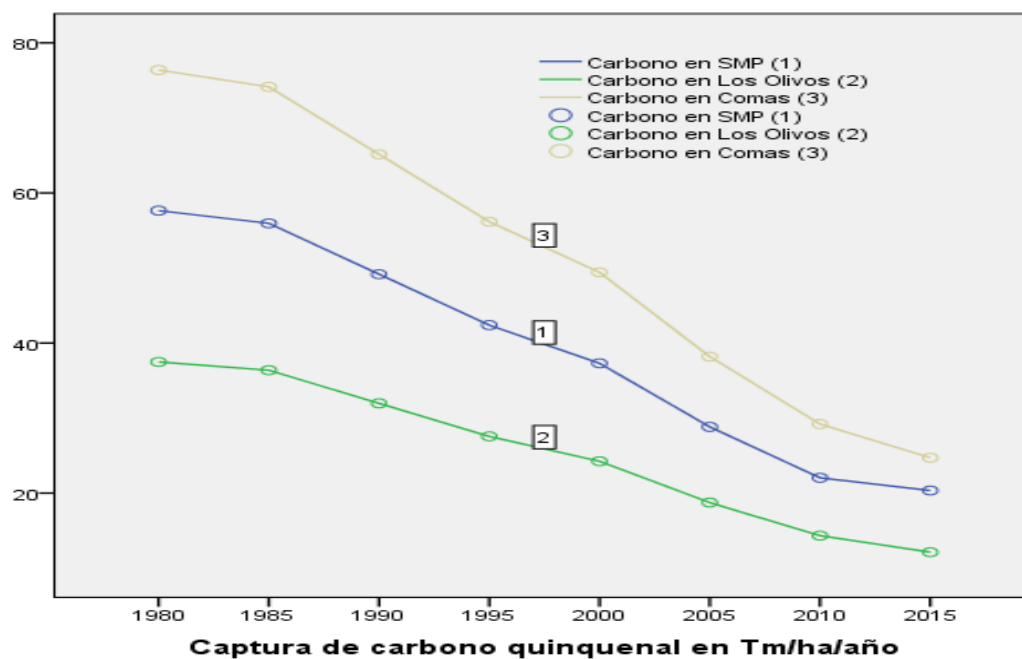


Figura 8. Tendencia de la captura de carbono del arbolado en un periodo quinquenal en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima

### 11.5 Crecimiento y silvicultura urbana en la captura de CO<sub>2</sub>.

. Los resultados de la tabla 1, muestran que el coeficiente de regresión es muy alta al igual que el coeficiente de determinación (R cuadrado corregida) de 0,831, un coeficiente alto, permite considerar como un análisis aplicable para generar el modelo de predicción que se tendría en cuenta en la gestión en la captura de carbono en Lima Norte, si los responsables de los gobiernos locales y las instituciones responsables tengan a bien aplicarlos.

Tabla 1

*Prueba de regresión múltiple de la extensión y silvicultura urbana en la captura de carbono en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período 1980 – 2015.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típic. de la estimación
1	0,890 <sup>a</sup>	0,792	0,831	297262,50

Los resultados, muestran que el coeficiente de regresión es muy alta al igual que el coeficiente de determinación (R cuadrado corregida) de 0,831, un coeficiente alto, permite considerar como un análisis aplicable para generar el modelo de predicción que se tendría en cuenta en la gestión en la captura de carbono en Lima Norte, si los responsables de los gobiernos locales y las instituciones responsables tengan a bien aplicarlos.

La prueba de ANOVA, tabla 2, con un coeficiente de "F" de Fisher de 76,41 donde  $p: 0,000 < \alpha: 0,01$  permite rechazar la hipótesis nula y se acepta que la expansión urbana y la silvicultura urbana tiene implicancia significativa en la captura de carbono, como proceso de intercambio de los gases de efecto invernadero y en particular de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en los tres distritos de Lima Norte.

Tabla 2

*Prueba de análisis de variancia (ANOVA) de la expansión y silvicultura urbana en la captura de carbono en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período 1980 – 2015*

ANOVA <sup>a</sup>					
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	1358772,00	2	679386,5	76,41	,000 <sup>b</sup>
Residual	45,47	5	88,95		
Total	1358773, 80	7			

a. Variable dependiente: Captura de carbono Kg/m<sup>2</sup>/año

b. Variables predictoras: (Constante), Silvicultura urbana m<sup>2</sup>, Expansión urbana total m<sup>2</sup>

Según los resultados que se presenta en la tabla 3 es importante destacar que la relación entre expansión urbana y la silvicultura en la ciudad es inversa por cuanto se ha visto una tendencia sostenida de la expansión urbana avanzando hacia las tierras de los cultivos y ahora hacia las zona de protección (laderas) las áreas verdes que constituyeron los cultivos, la forestación y en parte la silvicultura urbana siguen una tendencia hacia la disminución de las áreas verdes.

Tabla 3

*Modelo de regresión lineal múltiple de la gestión en expansión y silvicultura urbana para la captura de carbono en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período 1980 – 2015*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	8050,920	10903,625		,738	,493
Expansión urbana total m2	-,104	,132	-,031	-,792	,465
Silvicultura urbana m2	48,639	,069	,989	706,479	,000

El modelo resultante es como sigue:  **$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639X_2$**

El modelo indica que la captura de carbono disminuye en la medida de que expansión urbana sube y en relación a las áreas verdes la captura del carbono se incrementara en la medida que la silvicultura urbana también crezcan; el modelo indica que por cada unidad de la silvicultura se incrementaría la captura en unidades de carbono, si las medidas fueran m2 de follaje arbóreas se acumularían 48,639 Kg/m2/año.

De acuerdo a los resultados expuesto es importante confirmar que las variables expansión urbana ha seguido su curso aprovechando las áreas de cultivos disponibles en espacios de tierras planas y con disponibilidad de agua, que en un tiempo fueron haciendas y en estos tiempos se expanden a los espacios que deberían considerar como zonas de protección que son los cerros. La diferencia con valor de t: 706,479 con un p valor ( $p: 0,000 < \alpha: 0,01$ ) indica que en silvicultura urbana existe diferencias significativas entre los distritos y por consiguiente su implicancia en la captura de CO<sub>2</sub>, por tanto se infiere: “La gestión en la expansión urbana, como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura tiene implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en los períodos quinquenales de 1980 al 2015”



## 12. DISCUSIÓN

Los resultados del coeficiente de determinación de 0,831, en un nivel alto, permiten considerar como un indicador de la implicancia de los factores determinantes en la disminución de la captura de carbono que ha sido progresivo en forma sostenida en la evaluación quinquenal desde el año 1980 al año 2015.

La prueba de F del análisis de variancia donde  $p: 0,000 < \alpha: 0,01$  permite aceptar que el crecimiento urbano en expansión sostenida con la consiguiente disminución de las áreas verdes, también en forma sostenida, está demostrando que la gestión de los gobiernos locales están conduciendo a la disminución también sostenida de la captura de carbono, como proceso de intercambio de los gases de efecto invernadero y en particular de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en los tres distrito de Lima norte.

Los resultados obtenidos prueba que la relación entre crecimiento del área urbanizada y la silvicultura urbana por cuanto se ha visto una tendencia sostenida de la expansión urbana avanzando hacia las tierras de los cultivos y ahora hacia las zona de laderas, las áreas verdes que constituyeron los cultivos, la forestación y las áreas verdes de la ciudad siguen una tendencia hacia la disminución de las áreas verdes. El modelo resultante es:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639 X_2$$

Ecuación que indica que la captura de carbono disminuye en la medida de que expansión urbana crece y en cuanto a silvicultura la captura del carbono se incrementara en la medida que la silvicultura urbana también crezcan; el modelo indica que por cada unidad de la silvicultura se incrementaría la captura en unidades de carbono, si las medidas fueran m<sup>2</sup> de follaje arbóreas se acumularían 48,639 Kg/m<sup>2</sup>/año.

De los antecedentes citados es importante tener en cuenta a Tovar-Corzo (2013), quien en su trabajo sobre logros de la investigación que lleva el título "Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia" consolida los antecedentes de la arboricultura y avances en estos tiempos como silvicultura sobre la base de los resultados obtenidos de la aplicación de una encuesta a las autoridades ambientales con el propósito conocer la realidad en el ámbito de su nación, este

trabajo tuvo en cuenta aspectos de orden técnico, administrativo y jurídico en la gestión y el manejo del árbol en las áreas urbanas de Colombia. En sus conclusiones coincidentes a la realidad peruana por el acelerado crecimiento de los centros poblados, la falta de desarrollo normativo, la ausencia de un programa integrado para el manejo del arbolado urbano único que permita efectuar el adecuado mantenimiento de los árboles existentes y la planificación de las expansiones urbanas tienen una arborización madura, con alto porcentaje de presencia de especies foráneas, como el ficus (*Ficus indica*) seguido del molle Brasileño (*Eschinus sp*) cuando nuestro país cuenta con ingentes especies arbóreas maderables y frutales nativas en las diferentes zonas de vida del territorio, se coincide en la propuesta que necesario realizar un diagnóstico sobre el avance no solo de establecimiento del arbolado sino para identificar los aspectos débiles de la actividad para, por supuesto, idear y poner en marcha estrategias que permitan su mejoramiento y una gestión como silvicultura urbana planificada (SUP).

En el Perú, Estrella (2012) al tratar sobre el tema “Crecimiento de las ciudades, el impacto ambiental, y nuevos paisajes” precisa que el crecimiento de ciudades es un proceso histórico y social de todo los pueblos del mundo basado “en experiencias, conocimientos y prácticas exitosas, seleccionadas a través de siglos, para satisfacer las necesidades individuales y colectivas de una comunidad en particular” Se coincide que las ciudades de Lima Norte que nos ocupa muestra para satisfacer las necesidades físicas de un crecimiento de sus habitantes no solo por el crecimiento natural de las familias sino también por los fenómenos de las migraciones del campo a la ciudad son múltiples, algunos optan por ajustarse a ciertos patrones espaciales susceptibles de ser replicados, adaptados e implementados en otros contextos. De contar con políticas de un crecimiento urbano sobre la base de estudios o planes de un ordenamiento territorial, sería otro nuestra realidad, es más si el propósito sería para fines de control de la contaminación y el cambio climático estaríamos liderando en la adopción de la silvicultura urbana como ciencia del ambiente.

De acuerdo a los resultados expuestos, es importante confirmar que la variable expansión urbana ha seguido su curso aprovechando las áreas de

cultivos disponibles en espacios de tierras planas y con disponibilidad de agua, que en un tiempo fueron haciendas y en estos tiempos se expanden a los espacios que deberían considerar como zonas de protección que son los cerros. La diferencia con valor de t: 706,479 con un p valor ( $p: 0,000 < \alpha: 0,01$ ) indica que en silvicultura urbana existen diferencias significativas entre los distritos y por consiguiente su implicancia en la captura de CO<sub>2</sub>. Con la prueba de Tukey mostró la diferencia entre el crecimiento entre los distritos, así en Comas el crecimiento urbana equivalente a más 3 mil Has que equivale al 7,74 % de crecimiento quinquenal, en San Martín de Porres más de 2 mil Has, equivalente al 7,39 % de su territorio y en Los Olivos más de mil Has, equivalente al 7,72 % de su territorio en un período de 40 años, esta tendencia seguirá su curso mientras el área geográfica permita su expansión; estos resultados se evidencian en los mapas de los años 1986, 1996 y 2016. Los Olivos es la urbanización que está alcanzando cubrir casi todas sus áreas libres, San Martín de Porres y Comas aún disponen de espacios libre con cultivos y vegetación natural de entorno como también los cerros en Comas.

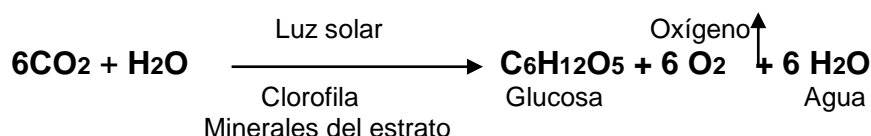
Sobre el particular es importante tener en cuenta la experiencia de Morales, (2006) que analizando los avances de la Autoridad Ambiental del Valle de Aburrá, dice que en cumplimiento de sus funciones y competencias, viene generando procesos de planificación del espacio público conjuntamente con los municipios, no sólo desde la visión tradicional del desarrollo sino desde una óptica ecosistémica, donde la vegetación no solo se constituye en un eje articulador del paisaje urbano, sino responsable de la salud urbana, termina publicando la relación de los árboles ornamentales y los elementos de manejo en el Valle de Aburrá. El precisar y contrastar áreas o espacios de lo que aún siguen considerando como arboricultura urbana no vendrían al caso, pero si se va vislumbrando que las áreas verdes de las ciudades deben merecer otro enfoque en la gestión de los gobiernos, según su competencia.

Los resultados del presente trabajo en silvicultura por distritos precisa que en Comas con 1121 Has y San Martín de Porres con 848 Has, las diferencias en disminución de áreas verde no son significativas mientras que en Los Olivos con 418 Has existe menos espacios con plantaciones de árboles y arbustos que los

dos similares, con tasas de pérdida de áreas verdes en San Martín de Porres de -0,515; en Los Olivos de -0,505 y en Comas de -0,506. La ONU (2016) en un amplio compendio de muchas experiencias publicado como documento de trabajo 14 titulado “Los bosques y el cambio climático en el Perú” permite reforzar lo que se tiene conocimiento que la riqueza en cuanto a la biodiversidad natural, con comentarios sobre las ciudades que se han ubicado y crecido bajo las condiciones naturales en las tres grandes regiones del país que resultaría importante recuperarlas para poner en práctica la silvicultura urbana para hacer frente al cambio climático sin descuidar la biodiversidad de los bosques naturales. Reporte que orienta hacia el convencimiento que la silvicultura urbana en los tres distritos deben concretar acciones para que con la gestión en silvicultura urbana se haga frente al cambio climático.

En captura de carbono los distritos, en Comas con 51,67 Tm/Ha/año y San Martín de Porres con 39,21 Tm/Ha/año, no se encontró diferencia estadística, similar resultado fueron para San Martín de Porres y Los Olivos pese haber registrado 25,35 Tm/Ha/año, estas diferencias puede atribuirse a tres principales factores: La primera las especies exóticas predominantes como el ficus; la segunda la edad de los árboles y la tercera la capacidad fotosintética por el manejo del hábitat, precisamente experiencias en otros países y cuando el problema se relaciona con el cambio climático con enfoques globales, ya se estaría entrando en el terreno de áreas urbanas para el mejoramiento del microclima, calidad del aire y reducción del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Claro que es indiscutible que la vegetación y en especial los árboles, son componentes de los ecosistemas y ellos determinan el clima de una determinada área, porque los árboles disminuyen la intensidad de radiación solar, el movimiento del aire, regulan la humedad y temperatura del ambiente circundante, así Villee (1996) citado por Borrero (2012) al comentar reportes de diferentes autores dice que la sombra de los árboles pueden reducir la temperatura promedio de un edificio en 5°C ; aminorar la velocidad del viento hasta en un 60% en zonas arbóreas; reducir la influencia de la radiación solar en un 90% o más evitando el calentamiento del aire de superficies bajo la cubierta arbórea, además sostiene que árboles individuales con un DAP entre 60-90 cm, tienen la capacidad de retener hasta 50

kg de carbono por año; más aún, en Santiago, árboles con DAP entre 10 y 50 cm secuestran aprox. el 70% del carbono anual. Los sistemas de eliminación de contaminantes del aire son: absorción de gases tóxicos, especialmente el CO<sub>2</sub>, por las hojas o la superficie del suelo, liberando oxígeno, hechos que se prueba simplemente con recordar la función de la fotosíntesis que se realiza preferentemente en las hojas:



Los beneficios de esta reacción son invalorables e intangibles que los ecosistemas y sus biomásas ponen a disposición de la sociedad de manera natural e influyen en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades. (Reyes y Gutiérrez, 2010 p. 97).

### 13. CONCLUSIONES

**Primera.** La gestión en la expansión urbana, como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura tiene implicancia significativa en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas; a su vez responde al siguiente modelo de predicción, con significativo y sostenido crecimiento urbano y la disminución también sostenida de la silvicultura y la captura del carbono cuyo modelo de predicción es:

$$Y = 8050,920 - 0,104 X_1 + 48,639X_2$$

**Segunda.** La expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población tiene diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos en el período de 1980 al 2015; Comas con tasas de crecimiento de 0,078 se expandió en 3309 hectáreas; San Martín de Porres con tasa de crecimiento de 0,704 creció en 2478 hectáreas y los Olivos con tasa de crecimiento de 0,077 se extendió en 1236 hectáreas.

**Tercera.** En la silvicultura urbana como respuesta a la expansión de la ciudad existen diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos de Comas con índice de disminución sostenida de -0,506

dispone una media de 1121,1 Ha; San Martín de Porres con tasa de 0,515 ocupa 890 Ha sin diferencias significativas entre ellos, pero si superando ambos al promedio distritos al de Los Olivos que registra una tasa de -0,505 y una media de 418,71 Ha en el quinquenio de 1980 - 2015

- Cuarta.** La captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura urbana muestra diferencias significativas de acuerdo a la realidad de los Distritos en el siguiente orden: Comas con una tasa de disminución en relación al quinquenio anterior de -0,516 en 51,68 kg/m<sup>2</sup>/año; el distrito de San Martín de Porres con una tasa de decrecimiento de 0,515 en 39,21 kg/m<sup>2</sup>/año y en Los Olivos que registra una tasa de -0,505 captura de 25,35 kg/m<sup>2</sup>/año de carbono acumulado en el arbolado de la ciudad, según evaluación en el período del año 1980 al 2015.
- Quinta.** La gestión de la silvicultura actual como respuesta a la expansión urbana no muestra diferencias significativas en la diversidad de especies de arboricultura en los distritos de Lima Norte, así en los Olivos se identificó 18 especies entre especies forestales y frutales; en San Martín de Porres 13 especies entre forestales y frutales; y en Comas 12 especies con predominancia de las forestales.
- Sexta.** La gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana no existe diferencias significativas en la realidad de los distritos de Lima Norte en el siguiente orden: Los Olivos equivalente a 53,5 kg/m<sup>2</sup>/año; San Martín de Porres a 49,33 kg/m<sup>2</sup>/año; y Comas con 46 kg/m<sup>2</sup>/año, diferencias no significativas y ordenados por su constitución florística.
- Sétima.** El crecimiento urbano sigue una tendencia de crecimiento por la presión del crecimiento natural de población y la migraciones territoriales que en 40 años ha desplazado las áreas de cultivo para unir la metrópoli con el territorio del distrito de Ancón y en poco tiempo con la provincia de Huaral con la consecuente desplazamiento de las áreas productivas y

áreas verdes, encargadas de la regulación del cambio climático y control de la contaminación ambiental.

#### 14. REFERENCIAS

- Aguilar, L. (2010). Gobernanza: El nuevo proceso de gobernar. Ciudad de México: Fúr Die Freiheit. *Revista de Administración Pública, Fundación Freidrich Naumann para la Libertad.*
- Akbari, H.; Davis, S.; Dorsano, S.; Huang, J. y Winnett, S. (1992). *Cooling our communities: A guidebook on tree planting and light-colored surfacing*, LBL-Lawrence Berkeley Laboratory, CA; Environmental Protection Agency, Washington, DC [Google Scholar](#)
- Asociación Chilena de Municipalidades ACHIM (1996) *Gestión Ambiental Municipal*, Asociación Chilena de Municipalidades, Santiago, Chile, p.273
- Balderrama, S.; Lujan, C.; Hernandez, G. y Castruita, L.V. (2008). Captura de carbono en bosque de coníferas de la sierra Tarahumara en Chihuahua, México, *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales.*
- Brown, S. y Lugo, A. (1984) *Biomass of tropical forest: a new estimate bases of forest.*
- Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA (2002) *Áreas verdes en el Gran Santiago. Área de ordenamiento territorial y recursos naturales*, CONAMA Región Metropolitana.
- Contardi, H. (1980) Nueva concepción ecológica-tecnológica sobre los espacios verdes urbanos, *Ecología* 5, p. 105.
- Domínguez Madrid, Ana Yurendy (2016) *Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO2 vehicular en Tijuana, B.C.* trabajo para obtener el grado de Maestra en Administración Integral del Ambiente. Colegio de la Frontera del Norte, Mexico.

- Dwyer, J.; Mcpherson, E; Schroeder, H. and Rowntree, R. (1992) *Assessing the benefits and costs of the urban forest. Journal of Arboriculture*, 18(5) 227-234.
- Estrella, S. (2012). *El crecimiento de las ciudades, el impacto ambiental, y nuevos paisajes*. Materia: Historia Universal. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net/RobertoMartinic/crecimiento-y-expansin-urbana>
- FAO (2010) *Standing Tall: Exemplary Cases of Sustainable Forest Managment in Latin American and the Caribbean. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean*. Santiago, Chile. 276 p.
- Flores, D. (2002) *Lineamiento base para el ordenamiento territorial del parque Metropolitano de Santiago como área de recreación urbana*. Memoria Ing. Forestal, Santiago. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 128 p.
- Gayoso, S (2002) *Costos y Potencial de captura de CO2 para plantaciones de Pinus Radiata D. Don en la Provincia de Valdivia, X Región Chile*. Bosques PROcarbono UACH. Programa de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile.
- Heisler, G. (1986) *Energy savings with trees. Journal of Arboricultura*, 12: 113-125.
- Heisler, G. (1990) *Mean windspeed below building height in residential neighborhoods with different tree densities*. ASHRAE Trans., 96 (1): 1389-1396.
- Hernández, J; Bown, H; De La Maza, C.L. y Raby, D. (2004). *La necesidad de inventariar el arbolado urbano: El caso de la comuna de La Reina en Santiago de Chile*. pp. 26-49. In: Seminario Internacional: Funciones y valores del arbolado urbano. Proyecto FONDEF D00I1078, Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 195 p.



- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. (2016) *Metodología de la Investigación*, cuarta edición. Mc Graw-Hill, Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Hull, B. (1992) *How the public values urban forests. Journal of Arboriculture*, 18 (2): 89-101.
- International panel of climate change IPCC, (2003) *Orientación sobre las buenas prácticas para el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)*. Organización meteorológica mundial Genova, Suiza, pg.15 en: [http://unfccc.int/files/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/training-material/methodological-documents/application/pdf/11-bis-handbook-on-lulucf-sector.pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_natcom/training-material/methodological-documents/application/pdf/11-bis-handbook-on-lulucf-sector.pdf), consultado el 02 de febrero de 2016
- International panel of climate change IPCC, (2013) *Cambio climático 2013 Bases físicas – Resumen para responsables de políticas*. OMM-PNUMA, Noruega. Pag.16
- Jimenez, C. (1998) *Plan de Desarrollo de áreas verdes para el sector de la población Independencia en la ciudad de Valdivia*. Memoria Ing. Forestal, Valdivia, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile
- Kuchelmeister, G. (1998) *Urban forestry in the Asia-Pacific region-status and prospects. Asia-Pacific forestry sector outlook study working paper series N° 44*. Rome, FAO
- Kuchelmeister, G. y Braatz, S.(1993) La silvicultura urbana y periurbana. Una nueva visión de la silvicultura urbana. *Unasyva, Revista Interna de silvicultura e Industrias Forestales* N°173 vol. 44
- Le Quéré, C; et.al. (2015) Global carbon budget 2015. *Earth System Science Data, Copernicus Publications*, vol. 7, núm 2, p. 349-396
- Lopera y Gutiérrez, (2000). *Viabilidad técnica y económica de la utilización de plantaciones de Pinus patula como sumideros de CO<sub>2</sub>*. Tesis de grado conjunta para optar el titulado de Ingeniero Forestal, UNC, sede Medellín

- Mahecha, G; Sanchez, F; Chaparro, J; Cadena, H; Tovar-Corzo, G; Villota L; Morales, G; Castro, J; Bocanegra, F. y Quintero, M. (2010). *Arbolado Urbano de Bogotá, identificación, descripción y bases para su manejo*.
- Martinez, M.A. (2005) *Bases para el manejo del arbolado urbano de las principales vías de acceso a la comuna de Maipú, Región Metropolitana*. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, Universidad de Chile.
- Martinez-Trinidad, T. e Yslas L. (2008) *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica SIG en el manejo del arbolado urbano*. Urban Forestry South, recuperado de <http://urbanforestrysouth.org>
- Nowak, D. J; Stein, S.M; Randler, P.B; Greenfield, E.J; Comas, S.J; Carr, M.A; Alig, R.J. (2010) *Sustaining America's urban trees and forests: a Forests on the Edge report*. Gen. Tech. Rep. NRS-62. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 27 p.
- Nowak, D.J. (1993). Atmospheric carbon reduction by urban trees. *Journal of Environmental Management* 37: p. 207-217.
- Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO Roma (2016) *Bosques y Cambio Climático en el Perú*.
- Ortiz, R. y Kanninen, M. (s/f) *Evaluación económica del servicio de sumidero de carbono en diferentes ecosistemas forestales, del Programa de Investigación CATIE*, recuperado de:  
<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0701e/A0701e.pdf>
- Otaya L.A; Sánchez R.de J; Morales, L. y Botero,V. (2006) Los sistemas de información geográfica (SIG) una gran herramienta para la selvicultura urbana. *Revista de la Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado de [www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v59n1/a08v59n01.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v59n1/a08v59n01.pdf)
- Pardos, J. A. (2010) *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*, Madrid, Instituto Nacional de Investigación y

Tecnología Agraria - Alimentaria Ministerio de Ciencia e Innovación, Junio, p. 253 recuperado de:

[http://www.inia.es/gcontrec/pub/60587OT\\_LIBRO\\_WEB\\_1277883079734.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/60587OT_LIBRO_WEB_1277883079734.pdf),

consultado el 22 de enero del 2016.

Rügnitz, M. T; Chacón, M. L.; Porro, R. (2009) *Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales* - Primera edición, Lima, Perú (2009).

Samayoa, O. (2010) *Conceptos básicos de REDD+ enfoque nacional vs. Sub nacional, implicancias y alternativas*. Organización Forest Trends.

Segura, M. (1997) *Almacenamiento y fijación de carbono quercus costaricensis en un bosque de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica*. Tesis para optar el grado de Licencia en Ciencias Forestales con concentración en manejo forestal. Universidad Nacional de Costa Rica.

Tena, J. (2010) *Capacidad de captura de carbono de las especies arbóreas: schinus molle L. y Negrium oleander L. en el parque Lloque Yupanqui de Los Olivos, Lima*. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad César Vallejo, Lima.

Tewari, D. (1995) *Forest garden, parks and urban environmet*. Dehra Dun, India, International Book Distributors

Torpoco, D; Carlos, G. y Moreno, P. (2008). *Cuantificación del Carbono Fijado por el Bosque de Eucaliptus globulus Labiel del fundo Porvenir, el Tambo-Huancayo- Junín*

Tovar-Corzo, G. (2013). *Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia*. Artículo Bitácora 22. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado de <http://www.oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-file/57c59a889ca266ee653326f970cb14a/aproximacionalaselvicultura.pdf>

Ulrich, R.S. (1990) *The role of trees in human well-being and health*. Proceedings of the National Urban Forestry Conference. American Forestry Association. Washington, DC. p. 25-30.

Valdez Barrera, A.A. (2012) Estimación del Contenido y Balance de Carbono en un bosque de *Nothofagus Pumilio* y una Turbera de *Sphagnum Magellanicum* en Tierra de Fuego, Chile. Tesis para optar el título de biólogo con mención en medio ambiente. Universidad de Chile.

**.Anexo 2: Matriz de Consistencia**

Título: Gestión de crecimiento y silvicultura urbana para la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima 1980 – 2015

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			
<p><b>Problema general</b> ¿Cómo la gestión del crecimiento urbano y la silvicultura urbana (cobertura natural y de plantación) como respuesta al crecimiento de la población, han tenido implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) de los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período 1980 - 2015?</p> <p><b>Hipótesis específicas.</b></p> <p><b>Problema específico 1</b> ¿En la expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población existirán diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015?</p> <p><b>Problema específico 2</b> ¿En la captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura urbana existirán diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar si la gestión del crecimiento urbano como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura urbana tiene implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) de los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en los períodos 1980 - 2015</p> <p><b>Hipótesis específicas.</b></p> <p><b>Hipótesis específica 1</b> Probar si en la expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015</p> <p><b>Objetivo específico 2</b> Determinar si en captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura urbana existe diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La gestión del crecimiento urbano como respuesta al crecimiento de la población, y la silvicultura urbana tiene implicancia en la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) de los Distritos del San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en los períodos 1980 - 2015</p> <p><b>Hipótesis específicas.</b></p> <p><b>Hipótesis específica 1</b> En la expansión urbana como respuesta al crecimiento de la población si existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015</p> <p><b>Hipótesis específica 2</b> En la captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015</p>	<b>Variable 1: Crecimiento urbano</b>			
			<b>Distritos</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Unidades de medida</b>
			San Martín de Porres	<b>Expansión urbana en serie de tiempo de 1980 - 2015</b>	<b>1980</b>	m <sup>2</sup> /año
			Los Olivos		<b>1985</b>	
			Comas		<b>1990</b>	
					<b>1995</b>	
					<b>2000</b>	
					<b>2005</b>	
					<b>2010</b>	
					<b>2015</b>	
<b>Variable 2: Silvicultura Urbana</b>						
<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Niveles o rangos</b>			
<b>San Martín de Porres</b>	Reducción de áreas verdes en serie de tiempo 1980 - 2015	<b>1980</b>	Ha/año			
<b>Los Olivos</b>		<b>1985</b>				
<b>Comas</b>		<b>1990</b>				
		<b>1995</b>				
		<b>2000</b>				
		<b>2005</b>				
		<b>2010</b>				
		<b>2015</b>				

Título: Gestión de crecimiento y silvicultura urbana para la captura de carbono (CO<sub>2</sub>) en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima 1980 – 2015 (continuación)

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			
<p><b>Problema específico 3</b> ¿En la captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura existirán diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 – 2015?</p> <p><b>Problema específico 4</b> ¿En la gestión de la silvicultura actual como respuesta a la expansión urbana existirán diferencias significativas en la biodiversidad en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas?</p> <p><b>Problema específico 5</b> ¿En la gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana existe diferencias significativas en la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas?</p>	<p><b>Problema específico 3</b> Determinar si en la captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015</p> <p><b>Objetivo específico 4</b> Conocer si la gestión de la silvicultura actual como respuesta a la expansión urbana existen diferencias significativas en la biodiversidad en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas</p> <p><b>Problema específico 5</b> Probar que la gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana existe diferencias significativas en la realidad de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas</p>	<p><b>Hipótesis específica 3</b> En la captura del carbono como respuesta a la gestión de la silvicultura existen diferencias significativas en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas en el período de 1980 - 2015</p> <p><b>Hipótesis específica 4</b> La gestión de la silvicultura actual como respuesta a la expansión urbana existe diferencias significativas en la biodiversidad en los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.</p> <p><b>Problema específico 5</b> La gestión de la captura de carbono actual como respuesta a la expansión urbana y el decrecimiento de la silvicultura urbana existe diferencias significativas en la realidad de los Distritos de San Martín de Porres</p>	<b>Variable 3: Captura de carbono</b>			
			<b>Distritos</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Unidades de medida</b>
			San Martín de Porres	Expansión urbana en serie de tiempo de 1980 - 2015	1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015	kg/m <sup>2</sup> /año
			Los Olivos			
			Comas			
			<b>Variable 4: Biodiversidad actual y captura de CO<sub>2</sub></b>			
			<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Niveles o rangos</b>
			San Martín de Porres	Reducción de áreas verdes en serie de tiempo 1980 - 2015	1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015	m <sup>2</sup> /año kg/m <sup>2</sup>
			Los Olivos			
			Comas			

Título: Gestión de crecimiento y silvicultura urbana para la captura de carbono (CO2) de los Distritos de San Martín de Porres, Los Olivos y Comas, Lima 1980 – 2015 (Continuación)

TERRITORIO Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	Operacionalización de las variables			
<p>Área geográfica Lima Norte</p> <p>San Martín de Porres</p> <p>Los Olivos</p> <p>Comas</p>	<p><b>Variable 1</b></p> <p><b>Gestión del crecimiento urbano</b></p> <p>Técnicas: SIG, Lectura y mapeo</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Registro, imagen satelital</p> <p><b>Variable 2</b></p> <p><b>Silvicultura urbana</b></p> <p>Cobertura vegetal registrado por imagen satelital</p> <p>Técnicas: SIG, lectura y mapeo</p> <p>Instrumentos</p> <p>Registro imagen satelital</p> <p>Variable 3:</p> <p><b>Captura de Carbono</b></p> <p><b>Inventario espacios con arboricultura</b></p> <p><b>Técnicas: Registro de datos</b></p> <p><b>Instrumentos: Registro, GPS</b></p>	Dimensiones	Indicadores	Escala medición	Valores
		ESTADÍSTICA A UTILIZAR			
		DESCRIPTIVA: Mapas, análisis de tendencias de variación de las variables y estado actual Ref. 1980 – 2015			
		INFERENCIAL: Regresión lineal múltiple, ANOVA y prueba Tuckey			

### Anexo 3

Registros base para los cálculos a partir de la imagen satelital de la información geográfica de 1980 - 2015

X	Y	LABEL	LAYER	ELEVATION	sym	time;
273397.539	8673796.86	AA	Waypoint	30.401518	Flag; Blue	2016-07-23T14:07:57Z
274010.14	8673499.95		66 Waypoint	49.108166	Flag; Blue	2016-07-23T14:24:05Z
274654.96	8673509.33		67 Waypoint	58.453426	Flag; Blue	2016-07-23T14:30:16Z
274512.062	8673259.74		68 Waypoint	60.948158	Flag; Blue	2016-07-23T14:39:30Z
275977.664	8674249.19		69 Waypoint	77.157944	Flag; Blue	2016-07-23T15:34:20Z
275913.6	8674469.57		70 Waypoint	79.903244	Flag; Blue	2016-07-23T15:39:26Z
276190.542	8676514.56		71 Waypoint	94.91288	Flag; Blue	2016-07-23T16:11:14Z
276792.958	8677313.27		72 Waypoint	133.464401	Flag; Blue	2016-07-23T16:17:50Z
277236.737	8679222.92		73 Waypoint	162.686722	Flag; Blue	2016-07-23T16:39:05Z
277252.461	8679675.37		74 Waypoint	149.142563	Flag; Blue	2016-07-23T16:45:17Z
277186.098	8679691.48		75 Waypoint	145.50592	Flag; Blue	2016-07-23T16:50:02Z
276639.248	8680192.54		76 Waypoint	135.189255	Flag; Blue	2016-07-23T17:12:03Z
276158.685	8680024.89		77 Waypoint	129.681122	Flag; Blue	2016-07-23T17:19:44Z
293457.342	8642804.89		2 Waypoint	22.19545	Flag; Blue	2016-05-15T14:09:38Z
293601.393	8642713.85		3 Waypoint	23.25983	Flag; Blue	2016-05-15T14:09:46Z
294621.615	8642072.88		4 Waypoint	18.292072	Flag; Blue	2016-05-15T14:10:36Z
295023.46	8641820.56		5 Waypoint	20.135427	Flag; Blue	2016-05-15T14:10:55Z
295298.303	8641649.11		6 Waypoint	18.52878	Flag; Blue	2016-05-15T14:11:09Z
296871.16	8640662.32		7 Waypoint	17.763184	Flag; Blue	2016-05-15T14:12:31Z
297331.418	8640374.19		8 Waypoint	19.465324	Flag; Blue	2016-05-15T14:12:53Z
309099.434	8623345.9		9 Waypoint	117.009178	Flag; Blue	2016-05-15T14:29:49Z
309115.881	8623292.13		10 Waypoint	117.286362	Flag; Blue	2016-05-15T14:29:52Z
309143.196	8623206.24		11 Waypoint	117.486984	Flag; Blue	2016-05-15T14:29:58Z
309975.949	8620150.72		12 Waypoint	39.102516	Flag; Blue	2016-05-15T14:33:41Z
310004.128	8620048.57		13 Waypoint	39.422897	Flag; Blue	2016-05-15T14:33:46Z
310048.893	8619887.45		14 Waypoint	39.409756	Flag; Blue	2016-05-15T14:33:54Z
310090.226	8619735.71		15 Waypoint	40.566101	Flag; Blue	2016-05-15T14:34:01Z
310450.542	8618425.31		16 Waypoint	45.85807	Flag; Blue	2016-05-15T14:35:03Z
318581.097	8603070.19		17 Waypoint	21.319225	Flag; Blue	2016-05-15T14:58:09Z
318499.264	8603039.68		18 Waypoint	13.466395	Flag; Blue	2016-05-15T15:08:25Z
318526.736	8602974.03		19 Waypoint	14.081233	Flag; Blue	2016-05-15T15:46:19Z
318616.023	8602397.89		20 Waypoint	16.514414	Flag; Blue	2016-05-15T16:01:01Z
322761.86	8600159.46		21 Waypoint	44.586735	Flag; Blue	2016-05-15T16:55:28Z
322727.246	8600135.68		22 Waypoint	43.362167	Flag; Blue	2016-05-15T16:57:00Z
322720.301	8600117.17		23 Waypoint	42.369995	Flag; Blue	2016-05-15T16:58:05Z
322693.957	8600160.81		24 Waypoint	42.315113	Flag; Blue	2016-05-15T16:58:57Z
322726.773	8600194.09		25 Waypoint	42.821217	Flag; Blue	2016-05-15T17:00:14Z



## Registro de áreas y especies de árboles por distrito

LUGAR	ÁREA	14-Set
Parque de PRO	35022.367	
Parque de SD	4562.86	
Parque de SD2	1561.87	
Parque de SD3	2224.51	
Avenida	34271	
LUGAR	ÁREA	23-Jul
Avenida	30254	
Avenida1	16313.88	
Parque Los Olivos	3374.25	
Parque Los Olivos 2	8580.49	
Avenida2	20660.17	
Avenida3	14191.4	
Parque Comas 1	6184.46	
Avenida4	2740.87	
Parque Comas 2	479.97	
Parque Comas 3	4554.93	
Avenida5	4846.47	
	4846.47	
194669.967		

14-Set	Area	N° arbol	Densi/ha	Diversi	Diamet
SMP	4562.86	13	28.49	4	0.35
	1561.87	39	249.70	9	0.16
	2224.51	82	368.62	10	0.28
	34271.00	52	15.17	12	0.22
	30254.00	27	8.92	3	0.14
	16313.88	46	28.20	7	0.37
	<b>14864.47</b>	<b>259</b>	<b>174.24</b>	<b>18</b>	<b>0.25</b>
OLIVOS	35022.37	201	57.39	10	0.38
	3374.25	25	74.09	10	0.20
	8580.49	37	43.12	6	0.26
	20660.17	29	14.04	6	0.18
	14191.4	149	104.99	9	0.23
	6184.46	48	77.61	7	0.19
	<b>14668.86</b>	<b>489</b>	<b>333.36</b>	<b>19</b>	<b>0.24</b>
COMAS	3740.87	58	155.04	4	0.36
	2479.97	35	141.13	3	0.27
	14554.93	20	13.74	7	0.34
	4846.47	30	61.90	4	0.36
	4846.47	35	72.22	5	0.44
	2854.26	52	182.18	3	0.39
	<b>5553.83</b>	<b>230</b>	<b>414.13</b>	<b>12</b>	<b>0.36</b>

## Anexo 4.

SMP	Biodiversidad							Diámetro arboles							
	SD1	SD2	SD3	Av	SM5	SM6	TOTAL	SD1	SD2	SD3	Av	SM5	SM6	TOTAL	MEDIA
Ficus	5	5	9	17	23	13	<b>72</b>	0.70	0.20	0.37	0.40	0.17	0.35	2.19	<b>0.37</b>
Molle peruano		2	23	8	1	2	<b>36</b>		0.18	0.10	0.25	0.12	0.3	0.95	<b>0.19</b>
Molle brasileño	5			1		3	<b>9</b>	0.50					0.34	0.84	<b>0.28</b>
Sauce							<b>0</b>								<b>0</b>
Fresno	1	7	4	1	3		<b>16</b>	0.30	0.28	0.50	0.22	0.12		1.42	<b>0.28</b>
Eucalipto			1	1		13	<b>15</b>				0.53		0.55	1.08	<b>0.36</b>
Pino							<b>0</b>								<b>0</b>
Laurel Rosa							<b>0</b>								<b>0</b>
Palmera	2		11			10	<b>23</b>	0.60		0.40			0.29	1.29	<b>0.43</b>
Ponciana			5	1			<b>6</b>			0.40	0.08			0.48	<b>0.48</b>
Tara			20				<b>20</b>			0.13				0.13	<b>0.04</b>
Casuarina			3	6		2	<b>11</b>			0.4	0.45		0.42	1.27	<b>0.32</b>
Cedro			5	2		3	<b>10</b>			0.33	0.32		0.23	0.88	<b>0.22</b>
Limon			1	4			<b>5</b>			0.10	0.04			0.14	<b>0.05</b>
Guanabana		17		5			<b>22</b>		0.15		0.09			0.24	<b>0.08</b>
Morera							<b>0</b>								<b>0</b>
Mango		1					<b>1</b>		0.20					0.20	<b>0.20</b>
Nispero		2		1			<b>3</b>		0.07		0.05			0.12	<b>0.65</b>
Palta		2		1			<b>3</b>		0.15		0.08			0.23	<b>0.12</b>
Platano		2					<b>2</b>		0.05					0.05	<b>0.05</b>
Pacae		1					<b>1</b>								<b>0</b>
Olivo				4			<b>4</b>				0.06			0.06	<b>0.06</b>
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>39</b>	<b>82</b>	<b>52</b>	<b>27</b>	<b>46</b>	<b>259</b>	<b>2.10</b>	<b>1.28</b>	<b>2.73</b>	<b>2.57</b>	<b>0.41</b>	<b>2.48</b>	<b>11.57</b>	<b>4.18</b>
								<b>0.35</b>	<b>0.16</b>	<b>0.28</b>	<b>0.22</b>	<b>0.14</b>	<b>0.37</b>	<b>1.52</b>	<b>0.25</b>

LOS OLIVOS	Biodiversidad							Diámetro arboles							
	Pro	AV1	AV2	PQ1	PQ2	Av3	TOTAL	Pro	AV1	AV2	PQ1	PQ2	Av3	TOTAL	MEDIA
Ficus	36	2	9	2	41	15	<b>105</b>	0.52	0.20	0.18	0.11	0.17	0.35	1.53	<b>0.26</b>
Molle peruano			9	4	7	3	<b>23</b>			0.28	0.35	0.35		0.98	<b>0.33</b>
Molle brasileño		2	8	11	18	2	<b>41</b>			0.12	0.08	0.14		0.34	<b>0.11</b>
Sauce	36						<b>36</b>	0.8						0.8	<b>0.80</b>
Fresno	4	2		1	2		<b>9</b>				0.09	0.21		0.3	<b>0.15</b>
Eucalipto	7		6	6	1	13	<b>33</b>	0.4		0.64	0.28	0.1	0.37	1.79	<b>0.36</b>
Pino	1						<b>1</b>								<b>0.00</b>
Laurel Rosa	3						<b>3</b>								<b>0.00</b>
Palmera					32	10	<b>42</b>					0.47		0.47	<b>0.47</b>
Ponciana	4						<b>4</b>								<b>0.00</b>
Tara		5					<b>5</b>								<b>0.00</b>
Casuarina			3	5	3	2	<b>13</b>			0.12	0.14	0.24	0.21	0.71	<b>0.14</b>
Cedro	1		2		41	3	<b>47</b>			0.24		0.2	0.19	0.63	<b>0.11</b>
Limon	7	1					<b>8</b>	0.37						0.37	<b>0.37</b>
Guanabana	2	1					<b>3</b>	0.07						0.07	<b>0.07</b>
Morera		2			4		<b>6</b>					0.2		0.2	<b>0.02</b>
Mango		5					<b>5</b>								<b>0.00</b>
Nispero		1					<b>1</b>								<b>0.00</b>
Palta		4					<b>4</b>	0.12						0.12	<b>0.12</b>
Platano							<b>0</b>								<b>0.00</b>
Pacae							<b>0</b>								<b>0.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>29</b>	<b>149</b>	<b>48</b>	<b>389</b>	<b>2.28</b>	<b>0.20</b>	<b>1.58</b>	<b>1.05</b>	<b>2.08</b>	<b>1.12</b>	<b>8.31</b>	<b>3.30</b>
								<b>0.38</b>	<b>0.2</b>	<b>0.26</b>	<b>0.18</b>	<b>0.23</b>	<b>0.19</b>	<b>1.44</b>	<b>0.24</b>

COMAS	Biodiversidad							Diámetro arboles							
	PQ1	TUPA	PQ2	AV1	PQ3	AV2	TOTAL	PQ1	TUPA	PQ2	AV1	PQ3	AV2	TOTAL	MEDIA
Ficus	17	31	4	22	12			0.42	0.25	0.37	0.6	0.37		2.01	<b>0.40</b>
Molle peruano		1			8	8	<b>17</b>		0.10			0.18	0.28	0.56	<b>0.19</b>
Molle brasileño	27		1	1		9	<b>38</b>	0.21		0.15	0.15		0.21	0.72	<b>0.18</b>
Sauce							<b>0</b>								<b>0.00</b>
Fresno			4				<b>4</b>			0.56				0.56	<b>0.56</b>
Eucalipto					12		<b>12</b>					0.63		0.63	<b>0.63</b>
Pino				1			<b>1</b>			0.25				0.25	<b>0.25</b>
Laurel Rosa			1				<b>1</b>			0.11				0.11	<b>0.11</b>
Palma abanico	12	1	8			35	<b>56</b>	0.68	0.47	0.55			0.69	2.39	<b>0.60</b>
Ponciana					3		<b>3</b>					0.71		0.71	<b>0.71</b>
Tara							<b>0</b>								<b>0.00</b>
Papelillo	2		1	1			<b>4</b>	0.14		0.34	0.22			0.70	<b>0.23</b>
Cedro			1		2		<b>3</b>			0.42		0.31		0.73	<b>0.37</b>
Limon							<b>0</b>								<b>0.00</b>
Guanabana							<b>0</b>								<b>0.00</b>
Morera							<b>0</b>								<b>0.00</b>
Mango							<b>0</b>								<b>0.00</b>
Nispero							<b>0</b>								<b>0.00</b>
Palta							<b>0</b>								<b>0.00</b>
Platano				11			<b>11</b>				0.45			0.45	<b>0.45</b>
Pacae							<b>0</b>								<b>0.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>52</b>	<b>230</b>	<b>1.45</b>	<b>0.82</b>	<b>2.75</b>	<b>1.42</b>	<b>2.2</b>	<b>1.18</b>	<b>9.37</b>	<b>4.67</b>
								<b>0.36</b>	<b>0.27</b>	<b>0.34</b>	<b>0.36</b>	<b>0.44</b>	<b>0.39</b>	2.16	<b>0.36</b>

Anexo 5. Mapa Lima Norte

