



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Identificación y valoración de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja

Trabajo de Titulación previa a la
obtención del título de Ingeniera Forestal

AUTORA:

Maria Fernanda Macas Vera

DIRECTOR:

Ing. Deicy Carolina Lozano Sivisaca., PhD

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 17 de marzo del 2023

Ing. Deicy Carolina Lozano Sivisaca., PhD

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Identificación y valoración de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano en el Sur de la ciudad de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniería Forestal**, de la autoría de la estudiante **María Fernanda Macas Vera**, con **cédula de identidad Nro. 1104902844**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**DEICY CAROLINA
LOZANO SIVISACA**

Ing. Deicy Carolina Lozano Sivisaca., PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **María Fernanda Macas Vera**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1104902844

Fecha: Loja, 16 de abril del 2024

Correo electrónico: maria.f.macas@unl.edu.ec

Teléfono: 0994624687

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total, y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **María Fernanda Macas Vera**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Identificación y valoración de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes de abril del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autora: María Fernanda Macas Vera

Cédula: 1104902844

Dirección: Barrio “Motupe” (Chuquiribamba y Chantaco)

Correo electrónico: maria.f.macas@unl.edu.ec/ fernanda.macas.906@gmail.com

Teléfono: 0994624687

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Deicy Carolina Lozano Sivisaca., Ph.D.

Dedicatoria

A Dios por darme la oportunidad de vivir con salud y estar rodeada de personas maravillosas. Gracias por ser mi guía en todas las etapas de mi vida y darme la fortaleza que necesitaba en los peores momentos.

A Sara Valentina, hija querida gracias por elegirme como tu mamá, porque a pesar de tu corta edad has entendido los momentos en que mami debía trabajar y estudiar para hoy obtener este logro. Espero ser un ejemplo de superación para ti y motivarte a nunca darte por vencida. Te amo con todo mi corazón y este logro es para ti, luz de mi vida.

A mi abuelita Esperanza por apoyarme, cuidarme y ser un ejemplo de superación y mujer valiente. A mi querido ángel Isaías, por ser el motor de toda la familia, te extraño mucho y aunque desearía que compartieras este logro conmigo sé que desde el cielo me sigues cuidando y protegiendo.

A mis tíos Diana, Patricia, Tania, Anita, Noemi, Ximena, Franco y Gustavo por estar conmigo en las buenas celebrando mis logros, y en las malas motivándome y aconsejándome para ser una mejor persona.

A mi padre querido Jhon por brindarme una familia hermosa y a mis hermanos Anthony y Carlos porque nos mantenemos unidos a pesar de todos los obstáculos que se nos han presentado.

A todas las personas que han formado parte de mi vida gracias por su cariño y lealtad, porque a pesar de todo siempre estuvieron pendientes de mí, motivándome en cada momento.

María Fernanda Macas Vera

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, carrera de Ingeniería Forestal, por brindarme la oportunidad de pertenecer a una de las carreras más maravillosas, a cada uno de los docentes que me guiaron durante estos cinco años en especial al Ing. Darwin Pucha, Víctor Hugo Eras y Darío Veintimilla, por brindarme sus conocimientos, su amistad y motivarme a vencer todos los obstáculos.

A mi directora de Trabajo de Titulación, Ing. Deicy Lozano, por su tiempo, paciencia y confianza depositada en mí, por brindarme sus conocimientos y ser un ejemplo de lucha y perseverancia, por sus consejos que los llevaré presentes toda la vida, muchas gracias.

Al proyecto de investigación “Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja” bajo la dirección del Ing. Darwin Pucha, por permitirme pertenecer a un equipo tan maravilloso, gracias por depositar su confianza en mí, por la bonita experiencia y momentos compartidos.

María Fernanda Macas Vera

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización.	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xiii
1. Título	1
2. Resumen.....	2
Abstract.....	4
3. Introducción	6
4. Marco teórico	9
4.1. Servicios ecosistémicos	9
4.1.1. Definición	9
4.1.2. Clasificación de los servicios ecosistémicos.....	9
4.1.3. Factores determinantes en la oferta de servicios ecosistémicos	10
4.1.4. Servicios ecosistémicos urbanos.....	10
4.2. Silvicultura urbana	11
4.2.1. Ecosistemas urbanos	11
4.2.2. Estructura de los ecosistemas urbanos	12
4.2.3. Ecología urbana	12
4.3. Valoración ambiental	13
4.3.1. Métodos de valoración económica.....	13
4.4. Estudios similares realizados en Ecuador	16
5. Metodología	19
5.1. Área de Estudio.....	19

5.2. Metodología para la evaluación de las características estructurales de cinco servicios ecosistémicos generados por el arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja.....	19
5.2.1. Hábitat y refugio	20
5.2.2. Almacenamiento y secuestro de carbono.....	20
5.2.3. Estimación de la calidad del aire entre la producción y absorción de gases.....	22
5.2.4. Producción de oxígeno.....	22
5.2.5. Recreación.....	23
5.3. Metodología para documentar la percepción que asignan las personas a los diferentes servicios ecosistémicos urbanos en las categorías de: provisión, regulación, cultural y soporte generados por arbolado urbano en el sector sur de la ciudad de Loja.....	23
5.3.1. Determinación del tamaño de la muestra.....	23
5.3.2. Diseño del cuestionario.....	24
5.3.3. Validación del cuestionario.....	25
5.3.4. Aplicación del cuestionario.....	25
5.3.5. Tabulación de datos	25
5.3.6. Análisis de datos para determinar la precepción de los servicios ecosistémicos generados por arbolado urbano en el sector sur de la ciudad de Loja	26
5.4. Metodología para estimar la disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano que provee servicios ecosistémicos y las características socioeconómicas que influyen en la decisión del pago de las personas que residen en el sur de la ciudad de Loja.....	26
5.4.1. Montos sugeridos	27
5.4.2. Análisis de datos voluntad de pago y variables socioeconómicas que influyen en la voluntad de pago	27
6. Resultados.....	30
6.1. Características estructurales de cinco servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la zona sur de la ciudad de Loja.....	30
6.1.1. Hábitat y refugio	30
6.1.2. Almacenamiento y secuestro de carbono.....	32
6.1.3. Producción de oxígeno.....	34
6.1.4. Recreación.....	35
6.1.5. Calidad del aire	37

6.2. Percepción social que asignan las personas a los diferentes servicios ecosistémicos urbanos en las categorías de: provisión, regulación, cultural y soporte generados por el arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja	37
6.2.1. Caracterización social de los residentes en el sector sur de la ciudad de Loja	37
6.2.2. Percepción social hacia los servicios ecosistémicos que brinda el arbolado urbano de la zona sur de la ciudad de Loja	38
6.2.3. Importancia de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la zona sur de la ciudad de Loja.....	39
6.3. Disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano que provee servicios ecosistémicos y las características socioeconómicas que influyen en la decisión del pago de las personas que residen en el sur de la ciudad de Loja.....	42
6.3.1. Disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano que provee servicios ecosistémicos	42
6.3.2. Características socioeconómicas que influyen en la decisión del pago de las personas que residen en el sur de la ciudad de Loja	44
6.3.3. Variables que influyen en la voluntad de pago	48
7. Discusión	50
7.1. Características estructurales de cinco servicios ecosistémicos generados por el arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja	50
7.1.1. Hábitat y refugio	50
7.1.2. Almacenamiento y secuestro de carbono.....	50
7.1.3. Producción de Oxígeno.....	51
7.1.4. Recreación.....	52
7.1.5. Calidad del aire	52
7.2. Percepción de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano por categorías	52
7.3. Valoración económica ambiental: disponibilidad a pagar y variables que influyen en la decisión de pago.....	53
8. Conclusiones	56
9. Recomendaciones	57
10. Bibliografía	58
11. Anexos	68

Índice de tablas

Tabla 1. Medida de bienestar y de disponibilidad a pagar	16
Tabla 2. Composición florística de las avenidas y parques en las parroquias de la zona sur de la ciudad de Loja.....	30
Tabla 3. Carbono total, abundancia (número de individuos) y promedio del DAP por parroquias y áreas verdes (avenida y parques) de la zona sur de la ciudad de Loja (individuos de DAP \geq 5 cm).....	32
Tabla 4. Comparación de la producción de oxígeno por parroquias y área verde del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.....	34
Tabla 5. Calidad del aire del sector sur de la ciudad de Loja	37
Tabla 6. Percepción social hacia los servicios ecosistémicos en las categorías de: provisión, regulación, cultural y soporte generados por el arbolado urbano en el sector sur de la ciudad de Loja.....	38
Tabla 7. Valores del ingreso promedio de los hogares que contestaron si y no con los diferentes montos sugeridos para financiar el programa de manejo y conservación del arbolado urbano en todos los parques y avenidas de la ciudad.	43
Tabla 8. Cálculo del promedio de la voluntad de pago mediante análisis no paramétrico.....	44
Tabla 9. Modelo Probit sobre el deseo de participar en programa de manejo y conservación del arbolado urbano en los parques y avenidas de la ciudad.	49

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio, parroquias de Punzara y San Sebastián pertenecientes al sector Sur de la ciudad de Loja.	19
Figura 2. Escenario hipotético empleado en la entrevista al sector sur de la ciudad de Loja. 27	
Figura 3. Valor funcional de las especies forestales para el servicio potencial de provisión de hábitat y refugio en: a) avenidas y b) parques de la ciudad de Loja, Ecuador.	31
Figura 4. Acumulación de carbono total (Mg) por cada especie en: a) sector sur, b) parques y c) avenidas de la ciudad de Loja, Ecuador.	33
Figura 5. Boxplot de la comparación de almacenamiento de carbono por árbol en avenidas y parques del sector sur de la ciudad de Loja.	34
Figura 6. Boxplot de la comparación de la producción de oxígeno por árbol en avenidas y parques.	35
Figura 7. Especies forestales con mayor abundancia en los parques de las parroquias del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.	36
Figura 8. Frecuencia de las visitas a los parques en: a) Sector sur, b) parroquias del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.	36
Figura 9. Frecuencia según el rango de edad de la población entrevistada en la zona sur de la ciudad de Loja.	37
Figura 10. Importancia de las áreas verdes en las categorías: ornato, recreación y protección en: a) Sector sur, y en las parroquias b) Punzara y c) San Sebastián de la ciudad de Loja, Ecuador.	40
Figura 11. Grado de importancia en diferentes subcategorías de los servicios ecosistémicos: a) culturales, b) de soporte, c) de regulación y d) provisión que brinda el arbolado urbano del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.	41
Figura 12. Causas que afectan los beneficios que brinda el arbolado urbano del sector sur de la ciudad de Loja.	42
Figura 13. Curva de supervivencia para los datos obtenidos en las encuestas cuando la respuesta es positiva para los diferentes montos sugeridos.	43
Figura 14. Frecuencia de la participación en programas de conservación y/o reforestación en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.	44
Figura 15. Frecuencia de la intervención de la municipalidad de Loja en el manejo de los árboles de los parques y avenidas en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.	45

Figura 16. Frecuencia del cuidado de los árboles mediante podas y tratamientos de plagas y enfermedades en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.	45
Figura 17. Frecuencia del manejo de las áreas verdes en el sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.	46
Figura 18. Frecuencia del cuidado de los árboles mediante podas y tratamientos de plagas y enfermedades en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.	46
Figura 19. Frecuencia de la afectación del bienestar de las personas debido a la disminución de las áreas verde en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.	47
Figura 20. Frecuencia de si la inversión de dinero en los espacios verdes incrementa el valor de los inmuebles o infraestructura en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.	47
Figura 21. Frecuencia de las principales ventajas (a) y desventajas (b) de invertir (dinero) en los espacios verdes en el sector de la ciudad de Loja, Ecuador.	48

Índice de anexos

Anexo 1. Entrevista empleada para el levantamiento de información.	68
Anexo 2. Análisis de correlación de las variables independientes	73
Anexo 3. Listado completo de las especies forestales para el servicio potencial de provisión de hábitat y refugio en avenidas parques de la ciudad de Loja, Ecuador.	74
Anexo 4. Listado completo de acumulación de carbono total (Mg) por especie del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.....	76
Anexo 5. Listado completo de acumulación de carbono total (Mg) por cada especie en avenidas de la ciudad de Loja, Ecuador.....	78
Anexo 6. Listado completo de acumulación de carbono total (Mg) por cada especie en parques de la ciudad de Loja, Ecuador.....	80
Anexo 7. Especies forestales con mayor abundancia en los parques de las parroquias del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.....	81
Anexo 8. Evidencia fotográfica de las salidas de campo.....	82
Anexo 9. Cálculo de la mediana de la voluntad de pago mediante análisis no paramétrico ...	82
Anexo 10. Certificado de traducción del Resumen/abstract.....	83

1. Título

**Identificación y valoración de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano en el sur
de la ciudad de Loja**

2. Resumen

Las áreas verdes urbanas se destacan por proveernos una gran variedad de servicios ecosistémicos que ayudan a mitigar el impacto ambiental. Existen varios factores que inciden a que los beneficios que nos brindan los árboles vayan disminuyendo consecutivamente, en los que se destaca el crecimiento poblacional, que ha ocasionado que la provisión de los mismos se cada vez más limitada. Los objetivos del estudio fueron evaluar las características estructurales de cinco servicios ecosistémicos generados por el arbolado urbano, registrar la percepción que asignan las personas a los diferentes servicios ecosistémicos urbanos en las categorías de: provisión, regulación, cultural y soporte, y estimar la disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano que provee servicios ecosistémicos y las características socioeconómicas que influyen en la decisión del pago de las personas que residen en el sur de la ciudad de Loja. El estudio se realizó en el sector Sur de la ciudad de Loja. Los servicios ecosistémicos urbanos caracterizados fueron: hábitat y refugio, almacenamiento de carbono, producción de oxígeno, recreación y calidad del aire, los mismo que fueron evaluados mediante ecuaciones específicas para cada servicio ecosistémico. La evaluación de la percepción que asignan las personas a los diferentes servicios ecosistémicos y la estimación de la disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano se realizaron mediante el método de valoración contingente (MVC). En total se aplicaron 260 entrevistas personales a los jefes de hogar. Se evaluó el nivel de percepción social de 15 servicios ecosistémicos y para verificar la dependencia de las proporciones de frecuencia de los servicios ecosistémicos urbanos con un aumento o disminución en cada categoría se realizaron histogramas de frecuencia. Por último, se determinó la disponibilidad a pagar (dap) para conservar el arbolado urbano mediante el método no paramétrico que utiliza como estimador una interpolación lineal para determinar la dap; además, se determinó las variables socioeconómicas que influyen en la dap, para esto se realizó un modelo de regresión *probit* con las variables socioeconómicas. El análisis se realizó en programa estadístico R. *Terminalia catappa* (*terminalia*) y *Ficus benjamina* (*ficus*) fueron las especies con mayor potencial para el servicio ecosistémico de hábitat y refugio. El almacenamiento de carbono en el sector sur de la ciudad de Loja fue 3 905,11 Mg, siendo la parroquia de Punzara la que tuvo mayor acumulación de carbono en las avenidas. La producción de oxígeno en el sector sur de la ciudad de Loja fue de 10 413,64 Mg O₂, siendo que, en el arbolado de la avenida se estimó la mayor producción de oxígeno. En el sector sur de la ciudad de Loja existen 8 parques que brindan espacios de recreación a los habitantes que residen en este lugar, siendo *Salix humboldtiana* (*sauce*), *Fraxinus chinensis* (*fresno*) y

Jacaranda mimosifolia (arabisco) las especies con mayor abundancia. La calidad del aire en el sector sur de la ciudad de Loja fue de -88 549,25 CO₂/Mg (año), es decir que del total de emisiones de CO₂/Mg (año) solo el 4,22 % es absorbido por los árboles, por tal motivo la calidad del aire no es buena. Los servicios ecosistémicos culturales fueron los predominantes, seguido por los de soporte, provisión y de regulación. Los resultados indicaron que la percepción social de los servicios ecosistémicos culturales fue predominante con 38,58 %. En cuanto a la importancia de las áreas verdes urbanas la categoría de protección fue considerada muy importante con el 24,49 %. Los factores socioeconómicos que facilitan o limitan la participación de las personas fueron: manejo de los árboles (p-value=1,979) y beneficios (p-value= 2,353). Los hogares con ingresos promedio mayores a 711,93 dólares/mes están dispuestos a pagar un monto mayor a 2,50 dólares/mes como voluntad máxima de pago; además se observa un patrón que indica, conforme aumenta la tarifa sugerida los hogares con mayores ingresos están dispuestas a pagar el monto.

Palabras Claves: valor económico, servicios ecosistémicos, percepción, disponibilidad a pagar, arbolado urbano.

Abstract

Urban green areas stand out for providing with a wide variety of ecosystem services that help mitigating the environmental impact. There are several factors that contribute to the consecutively decreasing of the benefits that trees provide, where the population growth stands out, causing that the provision of these services become more and more limited. The aims of the study were to evaluate the structural characteristics of five ecosystem services generated by urban woodland, to record the perception that people assign to the different urban ecosystem services in the categories of: provision, regulation, cultural and support, and to estimate the willingness to pay to conserve urban woodland that provide ecosystem services and the socioeconomic characteristics that influence the payment decision of people residing in the south of the city of Loja. The study was developed in the southern sector of the city of Loja. The urban ecosystem services characterized were: habitat and shelter, carbon storage, oxygen production, recreation and air quality, which were evaluated using specific equations for each ecosystem service. The evaluation of the perception that people assign to the different ecosystem services and the estimation of the willingness to pay to conserve urban woodland was carried out using the contingent valuation method (CVM). In total, 260 personal interviews were applied to the heads of household. The level of social perception of 15 ecosystem services was evaluated and frequency histograms were made to verify the dependence of the frequency proportions of urban ecosystem services with an increase or decrease in each category. Finally, the willingness to pay (WTP) to conserve urban woodland was determined using the nonparametric method that uses a linear interpolation as an estimator to determine the WTP; in addition, the socioeconomic variables that influence the WTP were determined using a probit regression model with the socioeconomic variables. *Terminalia catappa* (Terminalia) and *Ficus benjamina* (Ficus) were the species with the greatest potential for the ecosystem service of habitat and shelter. Carbon storage in the southern sector of the city of Loja was 3 905.11 Mg, where the Punzara parish had the greatest accumulation of carbon in the avenues. Oxygen production in the southern sector of the city of Loja was 10 413.64 t O₂, and the highest oxygen production was estimated in the woodland of the avenue. In the southern sector of the city of Loja, there are 8 parks that provide recreational spaces for the inhabitants living there, *Salix humboldtiana* (willow), *Fraxinus chinensis* (ash) and *Jacaranda mimosifolia* (arabiscus) are the most abundant species.

Air quality in the southern sector of the city of Loja was -88 549.25 CO₂ /Mg (year), which means that only 4.22 % of the total CO₂/Mg emissions (year) is absorbed by trees, so air quality

is not good. Cultural ecosystem services were predominant, followed by support, provision and regulation services. The results indicated that the social perception of cultural ecosystem services was predominant with 38.58 %. Regarding the importance of urban green areas, the category of protection was considered very important with 24.49 %. The socioeconomic factors that facilitate or limit the participation of people were: tree management (p-value=1.979) and benefits (p-value= 2.353). Households with average income greater than \$711.93/month are willing to pay an amount bigger than \$2.50 per month as the maximum willingness to pay; furthermore, a pattern is observed indicating, as the suggested fee increases households with higher income are willing to pay the amount.

Key words: economic value, ecosystem services, perception, willingness to pay, urban woodland.

3. Introducción

Los ecosistemas urbanos desempeñan un papel muy importante para el bienestar y buen funcionamiento de las ciudades. Se han convertido en un componente esencial del paisaje urbano, llegando a ser uno de los indicadores clave de los aspectos vitales y socioculturales de las ciudades (Tovar, 2006). Además, nos proveen de diversos servicios ecosistémicos que contribuyen a la sostenibilidad urbana principalmente porque permiten mitigar el impacto ambiental mediante el control de inundaciones, reducción de contaminación de aire, regulación climática, etc. (Sorensen et al., 1998). Los servicios ecosistémicos son todos los beneficios directos e indirectos que las personas obtienen de los ecosistemas y son esenciales para el bienestar humano (MEA, 2005).

Los factores clave que provocan la disminución y cambios en el funcionamiento de los servicios ecosistémicos son la explotación intensiva de recursos, la contaminación, las alteraciones en el uso del suelo como la deforestación y el crecimiento demográfico (Bocanegra et al., 2016). Uno de los principales causantes de este decremento es el crecimiento poblacional y la industrialización que no solo han provocado graves daños a la salud de la población sino a los ecosistemas, es por ello que, mientras el crecimiento poblacional aumenta, los recursos naturales son cada vez más escasos (Cabezas, 2021). La proyección para el año 2050 establece que la población mundial tendrá un aumento del 95% lo que ocasionaría graves consecuencias en la disminución de los ecosistemas urbanos, lo cual originará: inundaciones, incremento de gases de efecto invernadero, sequías, alteración en las épocas estacionales, entre otros (Banco Mundial, 2008).

Ecuador desde los años 50 ha sufrido una intensificación de diversos fenómenos demográficos como el aumento del tamaño y estructura de las ciudades esto debido al incremento de la densidad poblacional, especialmente en zonas urbanas (Hermida et al., 2015). La vegetación arbórea es la forma de vida más abundante que estructura espacialmente a las áreas verdes urbanas y en consecuencia la más afectada por la ciudadanía a pesar de su fisionomía y los servicios ecosistémicos que genera. Entre los daños físicos se encuentra el vandalismo que ocasiona la proliferación de plagas y enfermedades en los árboles. Además, en muchas ocasiones se puede observar que las áreas verdes urbanas han sido utilizadas como botaderos de basura, esto es causado principalmente porque la ciudadanía tiene una percepción negativa de la naturaleza urbana debido al desconocimiento de los bienes y servicios ecosistémicos que se obtienen de estas áreas (Meza Aguilar et al., 2017).

Actualmente las autoridades se han enfocado en el desarrollo urbanístico, pero no han invertido en infraestructura que permita la existencia de espacios verdes en ciudades o mejore la calidad de los ya existentes. Por tal motivo, son muy pocas las acciones desarrolladas para conservar y mejorar las áreas verdes urbanas a largo plazo (Escobedo y Chacalo, 2008). Otro punto muy importante que cabe indicar es que el manejo silvicultural y monitoreo en espacios urbanos es escaso y no existe conocimiento de la ecología de las especies que se deben utilizar en zonas urbanas (Delgado et al., 2021), para implementar adecuados planes de manejo forestal en estas áreas en las ciudades.

Cabe mencionar que la concientización ambiental en la población contribuye con la disminución de los daños físicos y conservación de los bosques urbanos (Sorensen y Barzetti, 2019). Es necesario que la ciudadanía tenga conocimientos de que las áreas verdes en entornos urbanos son cruciales para la prestación de servicios ecosistémicos y la preservación de la biodiversidad. Además, estudios recientes a nivel global han destacado la importancia de los árboles urbanos en la mitigación del cambio climático, la captura de carbono, la mejora de la calidad del aire, la reducción de la contaminación, la disminución de la escorrentía superficial y la promoción de la biodiversidad urbana. Asimismo, proporcionan espacios para el esparcimiento de la población, lo que demuestra que los árboles urbanos contribuyen a mejorar la salud humana y el bienestar psicológico (Pucha et al., 2023).

En este contexto, en la región Sur del país y específicamente en la ciudad de Loja hay escasa información científica sobre los servicios ecosistémicos que brinda el arbolado urbano. Por esta razón, la importancia de realizar investigaciones que generen información que ayudaría a la toma de decisiones de las autoridades pertinentes, con la finalidad de tener una gestión sostenible del arbolado urbano en función de los servicios ecosistémicos y sus estrategias de conservación, además, contribuiría a la creación de nuevas políticas de manejo y conservación de los ecosistemas urbanos (Vilela, 2004).

Los objetivos que guiaron el desarrollo de esta investigación se expresan a continuación:

Objetivo General

- Estimar el valor económico de los servicios ecosistémicos provistos por el arbolado urbano para contribuir con información y conocimiento orientada a salvaguardar el patrimonio cultural y ecológico del sur de la ciudad de Loja.

Objetivos Específicos

- Evaluar las características estructurales de cinco servicios ecosistémicos generados por el arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja.
- Documentar la percepción que asignan las personas a los diferentes servicios ecosistémicos urbanos en las categorías de: provisión, regulación, cultural y soporte generados por arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja.
- Estimar la disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano que provee servicios ecosistémicos y las características socioeconómicas que influyen en la decisión del pago de las personas que residen en el sur de la ciudad de Loja.

4. Marco teórico

4.1. Servicios ecosistémicos

4.1.1. Definición

Existen diversas definiciones de servicios ecosistémicos, sin embargo, una de las más utilizadas es la establecida por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio que mencionan que son todos los beneficios que los seres humanos recibimos de los ecosistemas. Esta es una definición mucho más sencilla y permite tener un impacto más claro y directo sobre los tomadores de decisiones (MEA, 2005).

Otros autores como Costanza et al., (2017) sostienen que son las características, funciones o procesos ecológicos que contribuyen directa o indirectamente al bienestar humano; es decir, los beneficios que las personas obtienen del funcionamiento de los ecosistemas.

En el mundo existe una gran variedad de ecosistemas que nos brinda diferentes servicios ecosistémicos, los mismos que pueden llegar a ser mucho más valiosos de lo que reflejan sus precios de venta en los diferentes mercados (ValuEs, 2023). Su importancia radica en que representa un enorme potencial para mantener y mejorar la calidad de vida de las personas. Esto es gracias a que nos proveen de alimentos y agua limpia; ayudan a la regulación de enfermedades y el clima; apoyan la polinización de los cultivos y la formación de suelos; y ofrecen beneficios recreativos, culturales y espirituales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022).

En la actualidad las ciudades se encuentran en constante expansión y desarrollo por tal razón, los ecosistemas en estas zonas han tenido gran relevancia porque brindan servicios de recreación, regulación del microclima, control de la erosión y filtración del aire, entre otro. Además, proporcionan una oportunidad para promover un desarrollo urbano sostenible y resiliente (Avendaño et al., 2020). Por lo tanto, todos los países en especial los más desarrollados intentan protegerlos mediante políticas y estrategias de manejo (Navarro et al., 2020).

4.1.2. Clasificación de los servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos se clasifican en 17 los mismos que están agrupados en cuatro categorías y están relacionados con las funciones de los ecosistemas que producen o genera el bien o servicio.

- a) **Aprovisionamiento:** Producción de alimentos, suministro de agua, materias primas y recursos genéticos.

- b) **Regulación y hábitat:** Regulación del aire, regulación del clima, regulación de las perturbaciones (protección contra tormentas y control de inundaciones), regulación del agua, tratamiento de residuos, control de la erosión y retención de sedimentos, formación del suelo, polinización, y control biológico.
- c) **Soporte:** Ciclos de nutrientes y refugio.
- d) **Cultural:** Recreación (incluido el ecoturismo y las actividades al aire libre), y cultural (incluyendo estética, arte, espiritualidad, educación y ciencia) (Costanza et al., 2017).

4.1.3. Factores determinantes en la oferta de servicios ecosistémicos

Los ecosistemas tienen la capacidad de suministrar diferentes tipos de servicios, sin embargo, esto depende del estado de su estructura, procesos y funciones determinados por las interacciones con los sistemas socioeconómicos. Un factor natural o antrópico puede provocar directa o indirectamente un cambio en el ecosistema. Un factor directo influye en los procesos del ecosistema, y el indirecto altera uno o más factores directos. Las categorías principales de factores indirectos del cambio son sociopolíticas, demográficas, económicas, científicas y tecnológicas, culturales y religiosas. Los impulsores directos incluyen el cambio climático, el cambio del uso de la tierra, las especies invasoras (Maes et al., 2013).

Factores directos: El cambio de uso de suelo y la cobertura de la tierra han ocasionado el cambio de la cubierta terrestre en los últimos años. De igual forma, actualmente el cambio climático ha tenido gran impacto en los ecosistemas (Briner et al., 2012).

Factores indirectos: Uno de los principales factores indirectos es la alta densidad poblacional debido a que afectan a la demanda y oferta de los servicios ecosistémicos. Además, los impulsores sociopolíticos influyen en las decisiones, la gestión de territorios, leyes y estructura de propiedad. Por último, los factores científicos están muy relacionados con el desarrollo tecnológico que es ocasionado con la producción y gestión de la tierra (Ruskule et al., 2018).

4.1.4. Servicios ecosistémicos urbanos

Los árboles urbanos ofrecen múltiples servicios ecosistémicos a la sociedad y para poder determinar su potencial es necesario realizar una evaluación de la estructura arbórea (Cercas Pérez, 2021). También permiten que los procesos dinámicos se desarrollen en un equilibrio ambiental que se encamina hacia la sostenibilidad mediante corredores o franjas ecológicas que genere biodiversidad y soporte las demandas de energía, suelo y agua de las ciudades (Municipio de Loja et al., 2019).

Bajo este contexto, los servicios ecosistémicos urbanos son todos los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas urbanos y se clasifican en servicios de aprovisionamiento,

de regulación, de apoyo y culturales (Brown, 2017). En la actualidad existen diversas investigaciones enfocadas en el conocimiento de la dinámica y procesos de los ecosistemas urbanos para garantizar ciudades resilientes, habitables y sostenibles. Además, ayudarían a la implementación en planes de manejo y ordenamiento del territorio y a la toma de decisiones de las autoridades pertinentes (Montico et al., 2019).

Cabe mencionar que, la mayoría de decisiones tomadas en las planificaciones territoriales se han enfocado los servicios ecosistémicos culturales, es decir, la creación de paisajes con valor estético o recreativo por tal motivo, son considerados como un factor clave para mejorar la sostenibilidad urbana (Andersson et al., 2015).

4.2. Silvicultura urbana

La silvicultura urbana se refiere a los árboles y zonas arboladas en las ciudades, árboles de jardines y huertos, árboles de calles y parques, bosquecillos remanentes y que crecen en tierras baldías y abandonadas (Kuchelmeister, 2000). Además, es una rama especializada de la silvicultura que tiene como objetivos el cultivo y manejo de árboles para la contribución actual y potencial del bienestar fisiológico, sociológico y económico de la sociedad urbana. Estas contribuciones incluyen el efecto sobre el bienestar generado por los árboles en su entorno, así como su carácter de utilidad recreativa y general (Villarreal y Huertas, 2016).

4.2.1. Ecosistemas urbanos

La mayoría de las ciudades están rodeadas de zonas verdes y forman parte de un ecosistema que está en constante transformación y en el que puede existir una simbiosis entre los espacios construidos y naturales (Amaya, 2005). Las personas que habitan en las ciudades necesitan los servicios ambientales que proveen las zonas urbanas, periurbanas y rurales, sin embargo, estos van disminuyendo debido al crecimiento urbano. Por tal motivo, es necesario invertir en infraestructura verde que contribuya a la conservación de los espacios verdes con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible (Gómez et al., 2015).

Bajo este contexto se puede establecer que un ecosistema urbano es un sistema ecológico que se encuentra en una ciudad o un área densamente poblada. Las mayores extensiones de ecosistemas urbanos la constituyen Europa, India, Japón, el este de China, América del Sur y los Estados Unidos; que se caracterizan por la industrialización a gran escala (Decología Info, 2022).

4.2.2. Estructura de los ecosistemas urbanos

Los ecosistemas urbanos están constituidos por componentes biológicos, como plantas, animales y otras formas de vida, y componentes físicos, como suelo, agua, aire, clima y topografía, los mismos que interactúan entre sí dentro de un área específica (Guntenspergen, 2016). En los ecosistemas urbanos, también incluye a las poblaciones humanas, sus características demográficas, sus estructuras institucionales y las herramientas sociales y económicas que emplean. El componente físico incluye edificios, casas, alumbrado, etc (Meramontes et al., 2017).

La mayoría de los ecosistemas urbanos presentan temperaturas más elevadas en comparación con otros ecosistemas. Esto se atribuye principalmente a una menor capacidad de absorción de agua de lluvia en el suelo local, lo que resulta en tasas y volúmenes más pronunciados de escorrentía superficial tras las lluvias y tormentas. Además, en estos entornos, se concentran metales pesados, como el polvo de calcio, partículas y compuestos orgánicos producidos por actividades humanas, incluyendo fertilizantes, pesticidas, así como contaminantes derivados de productos farmacéuticos y de cuidado personal (Borderías y Martín, 2011).

4.2.3. Ecología urbana

La ecología urbana se ha enfocado principalmente en analizar los patrones de biodiversidad dentro de contextos urbanos. Estudios en este campo sugieren que a lo largo de un continuo que va desde áreas altamente urbanizadas hasta entornos más rurales, las diversidades de vertebrados e invertebrados tienden a ser más altas en niveles de urbanización más bajos. Por otro lado, la diversidad de plantas muestra su punto culminante en niveles intermedios de urbanización (Mc Kinney, 2014).

Los sistemas urbanos, se destaca por la interacción que existe entre las especies y sus entornos químicos y físicos, con el objetivo de regular procesos dinámicos como el ciclo de nutrientes y los flujos de energía. Además, estos lugares exhiben condiciones climáticas particulares, así como procesos hidrológicos y características químicas del suelo distintivas (Schmitz, 2012). La influencia humana, en ocasiones, altera la dinámica de estas interconexiones en comparación con ambientes menos intervenidos. Este reconocimiento ha llevado a la comprensión de que la funcionalidad de los ecosistemas urbanos se sustenta en la participación activa de los seres humanos, y no a pesar de su presencia (Grimm et al., 2013).

Los seres humanos gobiernan la estructura y los procesos de los ecosistemas urbanos mediante la introducción de innumerables desviaciones de los sistemas naturales. Aspectos de

la infraestructura de la ciudad, como el color del edificio, la orientación de la calle y la plantación de árboles, pueden impactar dramáticamente el clima urbano (Watkins et al., 2010).

4.3. Valoración ambiental

La valoración ambiental es un conjunto de métodos y técnicas con las que se pueden determinar las expectativas económicas de los beneficios de los servicios o bienes ambientales tales como: el uso de un activo ambiental, la existencia de un parque (Azqueta, 2007).

4.3.1. Métodos de valoración económica

Hace varios años los métodos de valoración económica se han enfocado en mercados reales, dejando de lado los mercados para bienes y servicios ambientales, permitiendo que no haya una adecuada gestión de los mismos. Además, la necesidad de asignar un valor económico a estos bienes y servicios surge de la importancia de reconocer cómo contribuyen al progreso socioeconómico, así como de comprender los efectos que generan en los niveles de producción, la salud humana y el bienestar social (Bravo-Benavides et al., 2019). Los métodos de valoración económica son herramientas de la ciencia económica que tienen como objetivo el desarrollo sostenible mediante la formación de políticas de protección y conservación de los recursos naturales y se enfocan en las preferencias del consumidor. Estos métodos pueden ser indirectos (preferencias reveladas) o directos (preferencias declaradas) (Hernández Santoyo et al., 2013).

Método de valoración económica indirecta: El método de valoración económica indirecta establece una relación dosis-respuesta y permiten encontrar el valor de los activos ambientales a través de comportamientos que se revelan en mercados reales. Cabe mencionar que, no valoran los bienes ambientales a través de una curva de demanda por tal motivo, no proveen una “verdadera” magnitud del valor. Dentro de esta familia de métodos indirectos se encuentran los métodos del costo de viaje, precios hedónicos y costos evitados (Sarmiento, 2008).

Método de valoración económica directa: El método de valoración económica indirecta busca obtener el valor del recurso a partir de las preferencias de las personas valiéndose de mercados hipotéticos o de bienes complementarios para obtener la disposición a pagar (DAP) de los individuos (Tomio y Ullrich, 2015). Dentro de esta familia de métodos directos se encuentra los métodos de cambio de productividad, pérdida de ganancias, costos de oportunidad, costo-efectividad, gastos defensivos o preventivos y la valoración contingente.

a) Método de valoración contingente (MVC):

El método de valoración contingente es considerado como tal porque los valores declarados por las personas encuestadas representan su voluntad sobre los mercados contruidos o hipotéticos en las entrevistas o encuestas. Su origen se remota en los años 40 cuando Ciriacy-Wantrup escribió los beneficios de prevenir la erosión, sin embargo, es hasta los años 80 que los estudios de valoración contingente tuvieron más relevancia (Osorio y Correa, 2009).

Es considerado un modelo probabilístico, debido a que por medio de encuestas y escenarios hipotéticos simula un mercado para un bien el cual no tiene un mercado fijo. Es muy utilizado porque simulan mercados hipotéticos, el mismo que cumple un papel fundamental en donde la oferta viene representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada (Hernández Santoyo et al., 2013). Cabe mencionar que la gran ventaja es que este tipo de valoraciones pueden aplicarse a un espectro más amplio de bienes y servicios ecosistémicos (Seroa da Motta, 1997).

A continuación, se detalla las características de las cuatro fases para la correcta ejecución del método de valoración contingente (Kiström y Riera, 1997).

1. Desarrollo del estudio

En esta fase se planifica los objetivos del estudio el cual es más fácil si se basa en un modelo avalado por la teoría económica del bienestar. Además, permiten aclarar ciertas partes esenciales tales como: el modelo conceptual, ámbito del mercado, información, descripción del escenario y del bien, formato de la pregunta de valoración, condiciones de la oferta y el problema del beneficiario.

2. Estructuración y desarrollo

Esta fase se enfoca en la elaboración del cuestionario, planificación de la logística y la organización del muestreo. El punto más importante en esta fase es la elección de la modalidad de entrevista que puede ser en persona, vía telefónica o correo electrónico. Sin embargo, estas opciones presentan ventajas e inconvenientes por tal motivo, es necesario elegir la mejor alternativa para el estudio y así evitar que el rango de error sea mayor. Es así que en la mayoría de análisis optan por las entrevistas personales porque es la más eficiente a pesar de tener costos más elevados.

3. Toma de datos

En esta fase es fundamental para el estudio debido porque consiste en la recolección de datos en campo, el mismo que es recomendable iniciar con un grupo focal que puede ser de entre el 10 % y 20 % de la muestra definitiva con el objetivo de conocer de mejor forma las características de la población o reformular el cuestionario. Esta información se puede directo del área de estudio, academia, etc. Después de evaluar los resultados del estudio piloto, se encuesta a la muestra principal de una manera cordial y respetuosa.

4. Análisis y presentación de informes

Esta es la fase final del estudio en el cual se realiza el análisis de los datos obtenidos en campo y la presentación de informes de los resultados finales. Es importante mencionar que esta etapa el investigador deben tomar en cuenta que si la tasa de respuestas válidas es mayor o igual al 70 % el estudio no se vería afectado. se considera que los datos. Por último, se realiza la respectiva socialización de los resultados a las personas interesadas.

Evaluación del cuestionario de Valoración Contingente

a) Escenario

Los escenarios en una valoración contingente brindan diferentes acciones para desarrollar en el futuro. Una de las estrategias para obtener una valoración correcta es diseñar un escenario hipotético que tenga el menor número de sesgos, esto con el objetivo de que los encuestados comprendan de mejor manera el objetivo del estudio (Del Saz Salazar y Suárez, 1998).

b) Preguntas

En los cuestionarios pueden existir diferentes tipos de preguntas, esto dependerá de la contestación que admitan del encuestado, de la naturaleza del contenido y de su función.

- Según la contestación que admitan del encuestado

Anguita et al., (2003) clasifica las preguntas en:

Cerradas: Las preguntas cerradas, también llamadas de respuesta fija, se caracterizan porque el encuestado elija entre dos alternativas "si-no", "verdadero-falso" o "de acuerdo-en desacuerdo", para expresar su opinión o situación personal. Aunque estas preguntas son prácticas para responder y codificar, su inconveniente radica en que proporcionan una cantidad limitada de información.

De elección múltiple: Estas preguntas se clasifican en tres tipos: selección de opciones, donde se presenta al encuestado un conjunto de posibilidades exhaustivas y excluyentes entre sí;

selección de opciones con una respuesta abierta, apropiada cuando no se puede asegurar una cobertura completa y se brinda la oportunidad al encuestado de añadir opciones no contempladas en las alternativas propuestas; y preguntas de estimación donde existen alternativas graduadas de respuestas sobre la información deseada.

Abiertas: Las preguntas abiertas se caracterizan por permitir que el encuestado responda de manera libre, utilizando sus propias expresiones. Además, son apropiadas para investigaciones de naturaleza exploratoria o cuando se desconoce el nivel de conocimiento de los encuestados.

- **Según la naturaleza del contenido**

En este tipo de preguntas se pueden abordar asuntos específicos o datos objetivos, además de explorar intenciones, perspectivas, nivel de información, actividades, metas, motivaciones o razones, entre otros aspectos. Es importante señalar especialmente las preguntas de identificación (género, edad, estado civil, número de hijos, nivel educativo, ocupación), ya que suelen referirse a las variables independientes centrales.

Medidas de bienestar en el método de valoración contingente

En investigaciones de valoración contingente se usan la media y la mediana como medidas de bienestar y de disponibilidad a pagar (DAP). La media es una medida económica que existe del cambio en el bienestar logrado por una mejora ambiental para un individuo o comunidad. Además, indica la suma de dinero que el entrevistado estuvo dispuesto a pagar para conservar un determinado recurso. La mediana es el dinero que permite a una persona o comunidad rechazar o aceptar un recurso o bien y en el que la posibilidad de aceptación es del 50 % (Osorio y Correa, 2009).

Tabla 1. Medida de bienestar y de disponibilidad a pagar.

Modelo	Media	Mediana
$\Delta V = \alpha - \beta A$	α / β	α / β

4.4. Estudios similares realizados en Ecuador

En general a nivel del país los estudios realizados entorno a los ecosistemas urbanos son escasos y casi nulos, podemos citar algunos de estos estudios de la revisión de literatura. Bermúdez (2022) realizó la evaluación de áreas verdes y arbolado urbano para determinar la superficie por habitante del cantón Sucre, Provincia de Manabí. En este estudio concluyó que las áreas verdes urbanas se han convertido en parte indispensable para una vida saludable del

ser humano por sus innumerables beneficios directos e indirectos. Además, identifiqué en la zona urbana del cantón Sucre 18 espacios públicos distribuidos en 14 parques y 4 avenidas obteniendo un total de 36 628,27 m² de áreas verdes, de los cuales 12 136,15 m² corresponden al área neta de cobertura de arbolado.

Cabe mencionar que se encontraron 194 individuos que corresponden a 16 especies y 11 familias en donde *Ficus benjamina* L. y la familia Fabaceae fueron las más representativas, además al inventariar estas áreas se permitió estimar que el 56 % (9) de las especies existentes en son introducidas y el 44 % (7) son nativas. De igual manera, se determinó que el Índice de Áreas Verdes en el cantón Sucre es bajo aproximadamente de 1,40 m² de áreas verdes por habitante, en relación a lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que indica al menos 9 m² por habitante, así mismo, lo sugerido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) quien mencionan que el mínimo de áreas verdes por habitante debería ser de 16 m². En este sentido se puede efectuar una breve evaluación destacando que el incremento de la población en las áreas urbanas sigue en aumento. Sin embargo, son las áreas verdes específicamente el arbolado urbano en los espacios públicos las que no experimentan un desarrollo correspondiente, restringiendo de esta manera un nivel satisfactorio en la calidad de vida de los habitantes.

En otro estudio realizado por Ribadeneira (2020) sobre la percepción de las funciones ecosistémicas de bosques y parques de la mancha urbana en Quito observó que para las personas del área de estudio no perciben beneficios indirectos y/o de mediano y largo plazo derivados de los ecosistemas urbanos. Por tal motivo, es difícil pensar en mejoras en la conservación, recuperación y/o manejo de espacios silvestres, si los propios moradores/usuarios no tienen un empoderamiento en la valoración de las áreas verdes y los beneficios generan.

Condoy y Minga (2021) realizaron un estudio para evaluar el potencial arbóreo para la retención de polvo atmosférico en la zona urbana de la ciudad de Cuenca en el que estudiaron la capacidad de acumulación de polvo en 6 especies arbóreas, las cuales fueron: *Schinus molle* L., *Tecoma stans* (L.), *Ficus benjamina* L., *Tipuana tipu* (Benth.) y *Grevillea robusta*. Los autores concluyeron que la especie *Schinus molle* L., es una de las más eficaces para la captura de polvo atmosférico debido a sus características morfo-anatómicas, al igual que la altura y como interactúa la forma de su copa con los factores climáticos. Así mismo, la especie *Tecoma stans* L. reúne todas las características morfo-anatómicas apropiadas según este y otros estudios siendo los más óptimos para la captura de polvo atmosférico. Igualmente, se han desarrollado

estudios de caracterización de la composición florística del arbolado urbano, estimación de la cantidad de carbono y conectividad en los ecosistemas urbanos (Jiménez y Peralta, 2019); (Mejía y Sánchez, 2021); (Guamán, 2022) (Vasquez, 2018).

Cabe mencionar que la información científica enfocada en la silvicultura urbana en la ciudad de Loja es limitada. Varias instituciones lideradas por el Municipio de Loja han implementado el Sistema Verde Urbano cuya finalidad es el desarrollo sustentable mediante los mecanismos de movilización alternativa y descarbonización del transporte, al abastecimiento local de alimentos sanos, a la convivencia social armónica, etc (Municipio de Loja et al., 2019). Segarra-Morales et al., (2021) en un estudio denominado sistema verde urbano de Loja indica que la infraestructura verde se constituye en una nueva forma de planificar y gestionar el territorio mediante una red de espacios naturales y seminaturales que ofrecen varios servicios ecosistémicos. En esta planificación se toma especial importancia el entorno verde urbano ya que mejora la calidad de vida de la ciudadanía, conserva la biodiversidad y permite la vinculación con el contexto rural. Sin embargo, no se encontró estudios de investigación en torno a este tema de la valoración de los servicios ecosistémicos brindados por el arbolado urbano.

5. Metodología

5.1. Área de Estudio

La investigación fue desarrollada en el sector sur de la ciudad de Loja, en las parroquias urbanas de Punzara y San Sebastián. Específicamente, en los barrios La Argelia, San Isidro, Tebaida y San Pedro que pertenecen a la parroquia de Punzara, y en los barrios Los Geranios, Máximo Agustín Rodríguez pertenecientes a la parroquia de San Sebastián, del cantón y provincia de Loja (Figura 1). En el sector sur de la ciudad de Loja existen 88 052 personas, divididas en la parroquia de Punzara 54 742 y en la parroquia de San Sebastián 33 310 personas (Ecuador en cifras, 2021).

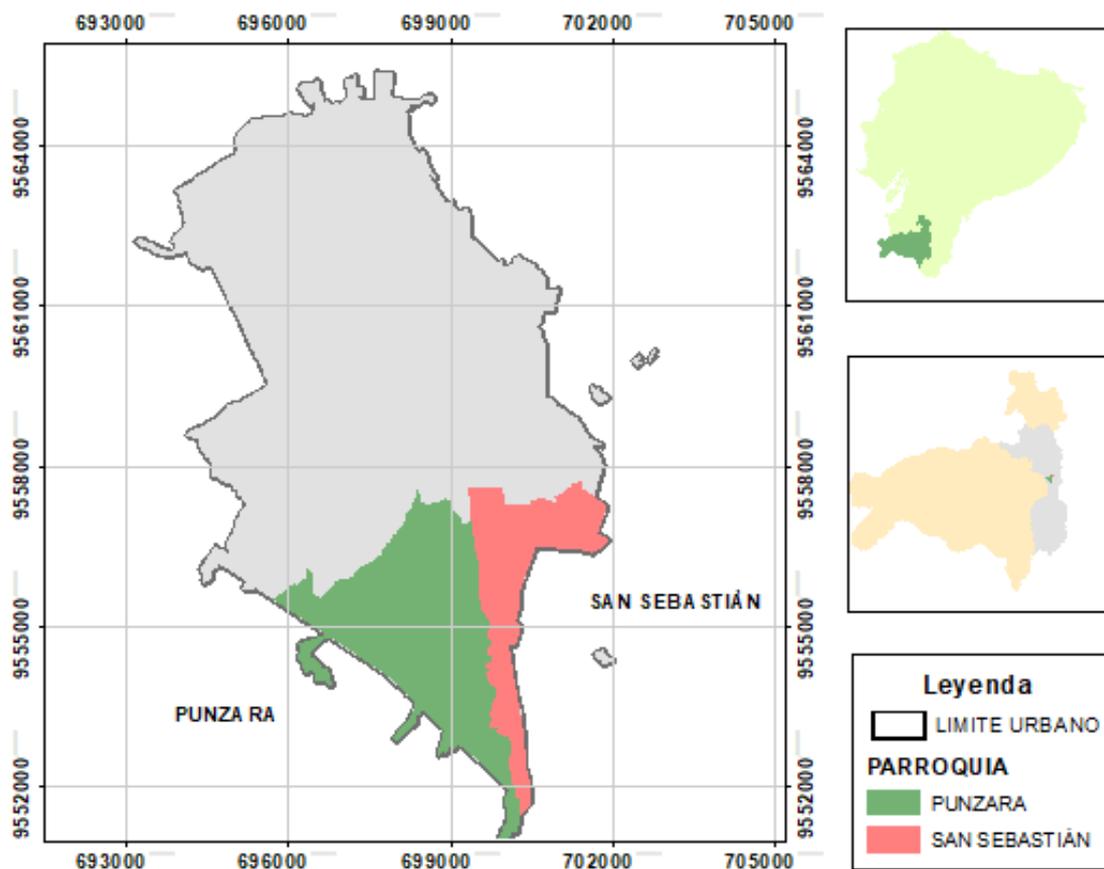


Figura 1. Ubicación del área de estudio, parroquias de Punzara y San Sebastián pertenecientes al sector Sur de la ciudad de Loja.

5.2. Metodología para la evaluación de las características estructurales de cinco servicios ecosistémicos generados por el arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja

El marco conceptual que se usó para seleccionar los cinco servicios ecosistémicos fue la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) que clasifica a los servicios ecosistémicos en: soporte, regulación, provisión y culturales. Por tal motivo, los servicios

ecosistémicos urbanos que se caracterizaron fueron: i) hábitat y refugio, ii) almacenamiento y secuestro de carbono, iii) calidad del aire entre la producción y absorción de gases, iv) producción de oxígeno, y v) recreación.

5.2.1. Hábitat y refugio

La evaluación del servicio ecosistémico hábitat y refugio se desarrolló basándose en el inventario forestal del proyecto de investigación 17-DI-FARNR-2021: “Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja”. Para lo cual fueron calculadas las variables que describen el hábitat y refugio de la flora y avifauna: riqueza (número de especies), abundancia (número de individuos), y especies dominantes en parques y avenidas del sector sur de la ciudad de Loja.

Además, se calculó el valor de cada árbol según su potencial para proporcionar hábitat y refugio de avifauna (VHB) considerando los rasgos funcionales densidad de la copa (D_c) y perennidad de follaje (P_n). Para la densidad de la copa se usó una escala ordinal de 1 a 3, colocando el mayor valor (3) a las especies con copa más densa; y para la perennidad de follaje se tomaron en cuenta tres clases: caducifolias (1), subperennifolias (2), y perennifolias (3). Después, se ponderaron los valores de las clases de cada rasgo con el fin de que la clase subsecuente de densidad del follaje tenga tres veces el valor de la clase anterior, y para las especies perennifolias y subperennifolias 2 y 3 veces el valor de las especies caducifolias. Además, todos los valores se ponderaron con un factor $i = 100/27$, de tal manera que puedan expresados en el intervalo de la escala (Casanoves et al., 2011). La ecuación para determinar el valor de hábitat y refugio fue:

$$VHB = 3d^{D_c-1} \times P_n \times i$$

Donde:

VHB= valor de hábitat y conectividad de avifauna silvestre

Dc= densidad de la copa

Pn= perennidad del follaje

i= factor $i = 100/27$

5.2.2. Almacenamiento y secuestro de carbono

Los datos para los cálculos del almacenamiento y secuestro de carbono fueron obtenidos de la base de datos del inventario forestal del arbolado urbano del proyecto de investigación 17-DI-FARNR-2021: “Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja”.

Estimación de la biomasa: La estimación de la biomasa arbórea se calculó aplicando la ecuación alométrica de Chave et al., (2015) el cual es un método no destructivo para estimar la biomasa total de un árbol. Esta ecuación tiene como variables independientes la densidad de la madera por especie y el diámetro del árbol a la altura del pecho. Los valores de densidad de la madera se obtuvieron de la Base de datos Global de densidad de madera propuesta por Zanne et al., (2012) y de la investigación realizada por Cartuche (2022).

$$B = \text{EXP}(-1,803 - 0,976 \times E + 0,976 \times \text{Ln}(\text{DM}) + 2,673 \times \text{Ln}(\text{Dap}) - 0,0299 \times \text{Ln}(\text{Dap})^2)$$

Donde:

B = biomasa (kg)

DM = densidad de la madera (g cm^{-3})

E = factor de estrés ambiental

Ln = logaritmo natural

DAP = diámetro a la altura del pecho (cm)

Estimación de carbono: A partir de los datos obtenidos de la estimación de la biomasa se determinó el almacenamiento de carbono por medio de la siguiente ecuación (Chave et al., 2015).

$$C_{\text{biomasa forestal}} = 0,47 \times B$$

Donde:

C_{biomasa forestal} = almacenamiento de carbono en Mg

0,47 = factor de conversión patrón según el IPCC de biomasa para carbono

B = biomasa forestal en Mg ha^{-1}

Almacenamiento de carbono equivalente: Los valores de carbono se convirtieron en carbono equivalente (CO_2) mediante el uso del factor de conversión 3,67, el cual es obtenido por la relación entre la masa molecular del dióxido de carbono ($\text{CO}_2 = 44$) y la masa atómica del carbono ($\text{C} = 12$) (Chave et al., 2005). De esta forma, se obtuvo la cantidad de CO_2 capturada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CO}_2 = 3,67 \times C_{\text{biomasa forestal}}$$

Donde:

CO₂ = dióxido de carbono capturado, Mg ha^{-1}

3,67 = factor de conversión de carbono a dióxido de carbono

$C_{\text{biomasa forestal}} = \text{Almacenamiento de carbono en Mg ha}^{-1}$

5.2.3. *Estimación de la calidad del aire entre la producción y absorción de gases*

Para la estimación de la calidad del aire entre la producción y absorción de gases dentro de la ciudad de Loja se cuantificó las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte terrestre particular de personas, que es uno de los problemas más evidentes en la ciudad de Loja lo cual nos permitió tener una medida en toneladas de dióxido de carbono (CO₂). La información del número y las emisiones de CO₂ promedio de los vehículos se recopiló de un estudio realizado por Rojas Moncayo et al., (2018). Por consiguiente, se realizó el balance entre la producción y absorción se utilizó la siguiente fórmula (López Huertas, 2019):

$$\mathbf{Abs} = \mathbf{B} \times \mathbf{Cc}$$

$$\mathbf{Ems} = \mathbf{V} \times \mathbf{EmsP}$$

$$\mathbf{CA} = \mathbf{Abs} - \mathbf{Ems}$$

Donde:

Abs = absorciones de CO₂

B = bosque en áreas verdes medido en hectáreas

Cc = capacidad de captura del bosque en toneladas por año

Ems = emisiones de CO₂

V = número de vehículos

EmsP = emisiones promedio de los vehículos

CA = calidad del aire

5.2.4. *Producción de oxígeno*

Para determinar la producción de oxígeno de cada árbol durante un año hay que tomar en cuenta que está relacionada con la cantidad de carbono almacenado en la biomasa. Si la captación de dióxido de carbono durante la fotosíntesis excede la liberación de mismo causado por la respiración durante el año, el árbol acumulará carbono. Un árbol que tiene acumulación neta de carbono durante un año también tiene una producción de oxígeno. Por tal razón, se utilizó la metodología de Salisbury y Ross (1978) que establece que la producción neta de oxígeno por árbol se basa en la cantidad de oxígeno producido durante la fotosíntesis menos la cantidad de oxígeno consumido durante la respiración de las plantas. De esta manera, la cantidad de oxígeno producido por el arbolado urbano del sector sur de la ciudad de Loja se estimó a partir de la captura de carbono en base a los pesos atómicos:

Producción neta de O₂ (kg/año) = Carbono secuestrado en la biomasa (kg/año) x (32/12)

5.2.5. *Recreación*

Para evaluar el servicio ecosistémico de recreación, se describió las preferencias de recreación en la población del sector sur de la ciudad de Loja mediante la aplicación de las 260 entrevistas. Las preguntas sobre la recreación estuvieron orientadas a la recopilación de información del conocimiento de las áreas verdes, tiempo de permanencia y preferencias de zonas de recreación de la población en estudio. Así mismo, se identificó las especies con mayor abundancia en los parques del sector sur de la ciudad de Loja.

5.3. Metodología para documentar la percepción que asignan las personas a los diferentes servicios ecosistémicos urbanos en las categorías de: provisión, regulación, cultural y soporte generados por arbolado urbano en el sector sur de la ciudad de Loja

Para documentar la percepción que asignan las personas a los diferentes servicios ecosistémicos urbanos fue utilizado el método de valoración contingente el cual utiliza el cuestionario como principal instrumento de recopilación de información de las personas (Bautista Solís et al., 2012).

Para aplicar el cuestionario se procedió de la siguiente manera: i) determinar el tamaño de la muestra, ii) diseñar el cuestionario, iii) validar el cuestionario y iv) aplicar el cuestionario a las personas que habitan en el sector sur de la ciudad de Loja. A continuación, se detallan estos procedimientos.

5.3.1. *Determinación del tamaño de la muestra*

El tamaño de la muestra fue calculado por cada parroquia que integra la zona sur de la ciudad de Loja en base a la siguiente fórmula, propuesta por (Scheaffer et al., 1990):

$$n = \frac{N \times \delta^2}{(N - 1) \times \frac{\beta^2}{4} + \delta^2}$$

Donde:

N = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población (Punzara y San Sebastián)

δ^2 = desviación estándar, = $p*(1-p)$

B = tamaño del error

Nota: Dado que a priori no se conocen las proporciones poblacionales, generalmente se asume que la proporción (p) es igual a 0,5 y el error (β) que se utilizará es igual a 5%.

5.3.2. *Diseño del cuestionario*

El cuestionario fue diseñado en base a 32 preguntas agrupadas en tres secciones (Anexo 1):

- **Primera sección (I):** Esta sección tuvo 14 preguntas relacionadas con características socioeconómicas como: nombre, edad, rol en el hogar, estado civil, sexo, fecha de nacimiento, procedencia, nivel de educación, ocupación, tipo de institución en la que trabaja, número de personas que conforman el hogar, número de personas que dependen económicamente del entrevistado, ingreso mensual por hogar y gasto mensual por hogar.
- **Segunda sección (II):** En esta sección fueron agrupadas 13 preguntas relacionadas con la percepción social de servicios ecosistémicos del arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja en las categorías de: culturales (belleza paisajística, relajación y el descanso de familiares y visitas, mantener la convivencia y actividades de recreación familiar, compartir y transmitir conocimientos sobre las plantas y animales a los niños), soporte (proporcionar hábitat a plantas y animales, mantener el ciclo del agua); regulación (proporcionar una temperatura y humedad agradables en el sector en el que vive, deslizamientos, erosión del suelo, infiltración de aguas lluvias y presencia de vientos fuertes, mantener la cantidad y calidad del agua de los ríos, mantener la salud de las personas, absorción de CO₂); provisión (proveer frutos para los animales, semillas y material vegetal para la producción de plántulas, producción de oxígeno y producir sombra). Además, constó de algunas preguntas cerradas cada una con un apartado del porqué de su respuesta tales como: participación en programas de conservación, importancia del cuidado de las áreas verdes, entre otras. De igual forma, se incluyeron dos preguntas abiertas, relacionadas con las ventajas y desventajas de invertir recursos económicos en espacios verdes y la definición de servicios ecosistémicos. Finalmente, los habitantes del sector sur de la ciudad de Loja calificaron la importancia de las áreas verdes en las categorías de ornato, recreación y protección, la valoración cualitativa fue: muy importante, importante y poco importante.
- **Tercera sección (III):** Constó de cinco preguntas relacionadas con la valoración económica ambiental de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano. Esta sección se describe el escenario hipotético, el estado actual y la mejora a ser implementada con el pago que se va a generar por la conservación del arbolado urbano y el vehículo de pago. Se debe mencionar que la sección uno y tres fueron utilizadas en el objetivo tres la presente investigación.

5.3.3. Validación del cuestionario

Para la validación del cuestionario se definió un grupo de 45 personas entre academia y jefes de hogar del sector sur de la ciudad de Loja. La academia estuvo conformada por 25 personas entre docentes que trabajan en temas de valoración económica y estudiantes del último año de la carrera de Ingeniería forestal. Además, se aplicó 20 entrevistas a los jefes de hogar de la parroquia Punzara perteneciente al área de estudio. La finalidad de la aplicación de la encuesta al grupo focal fue obtener ambigüedades, conocer si la codificación de las preguntas funciona, determinar si la secuencia y los saltos en las preguntas son manejables por el entrevistado y por el entrevistador.

Además, se tomó en cuenta el tiempo de la duración de la entrevista, analizar si el vehículo de pago es aceptado, comprobar si la información descrita en el escenario de la encuesta es suficiente y obtener una distribución preliminar de la voluntad máxima de pago. Cabe mencionar que los últimos ítems fueron importantes para la compilación de información de la sección tres del cuestionario que fue utilizada en el tercer objetivo de la presente investigación.

5.3.4. Aplicación del cuestionario

Una vez validado el cuestionario se aplicó a la población residente en el sector sur de la ciudad de Loja. Las personas entrevistadas fueron los jefes o jefas de hogar debido a que son ellos quienes asumen la responsabilidad financiera en el hogar (Anexo 8) y se entrevistó personalmente con el objetivo de obtener la mayor información confiable.

En la sección II del cuestionario que se refería a la percepción de la importancia de los árboles de los parques y avenidas, se solicitó a los entrevistados se les solicitó que asignen puntajes de 1 a 5, siendo 5 el mayor puntaje y 1 el menor, a los diferentes servicios ecosistémicos organizados en las categorías de: provisión, regulación, cultural y soporte, creando de este modo medida numéricas ordinales de importancia que los individuos indicaron para cada servicio ecosistémico.

5.3.5. Tabulación de datos

Una vez obtenidos los datos de campo las entrevistas fueron ordenadas por parroquia y barrio y se realizó un diccionario de variables el cual constaba con el número de pregunta en la entrevista, descripción de la variable, código y leyenda. Esto nos permitió tener una estructura de datos para realizar la tabulación ya que debía tener concordancia con la entrevista realizada en campo.

Seguidamente en Excel se crearon 58 columnas con el número de entrevista general, código, número de entrevista por barrio, barrio, parroquia, fecha, nombre de la persona entrevistada, dap (disponibilidad a pagar), bid (montos de pago). En la tabulación, 21 columnas se nombraron con el código “en_número” para las preguntas sociales, 22 columnas con “pen_numero” a las preguntas de percepción y seis columnas con “ve_numero” a las preguntas de valoración económica.

5.3.6. Análisis de datos para determinar la percepción de los servicios ecosistémicos generados por arbolado urbano en el sector sur de la ciudad de Loja

Con los datos generados en las entrevistas, para verificar la dependencia de las proporciones de frecuencia de los servicios ecosistémicos urbanos con un aumento o disminución en cada categoría se realizaron histogramas de frecuencia del grado de importancia.

5.4. Metodología para estimar la disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano que provee servicios ecosistémicos y las características socioeconómicas que influyen en la decisión del pago de las personas que residen en el sur de la ciudad de Loja

Para determinar la disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano se siguió el método de valoración contingente (MVC) cuyo propósito es conocer el bienestar por una mejora ambiental a partir de las respuestas de entrevistado. Esto significa que los entrevistados den a conocer la cantidad máxima que estarían dispuestos a pagar por el beneficio referido, en este caso, por los servicios ecosistémicos del arbolado urbano. Adicionalmente, en el método de valoración contingente (MVC) se utiliza la encuesta para obtener las preferencias de los consumidores por un bien público, preguntándoles por la disponibilidad a pagar por las mejoras en el bien.

Por esta razón, se aplicó la encuesta a la población que reside en el sector sur de la ciudad de Loja para determinar la voluntad de pago en relación a provisión de servicios ecosistémicos del arbolado urbano.

En la sección III referente a la valoración económica ambiental de los servicios ecosistémicos se describió el escenario hipotético el cual constó de una descripción del bien bajo estudio como es el arbolado urbano y las circunstancias hipotéticas bajo las cuáles el encuestado disfrutará del bien, la situación actual y la disponibilidad del bien antes y después del cambio propuesto y se indicó el vehículo o forma de pago (Figura 2).

SECCIÓN III: VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL ARBOLADO URBANO EN EL SUR DE LA CIUDAD DE LOJA

En la actualidad los árboles de la ciudad de Loja no cuentan con el suficiente manejo y mantenimiento como podas, cuidados de plagas y enfermedades, debido a que los fondos actuales no son suficientes para financiar un programa de manejo y conservación del arbolado urbano en todos los parques y avenidas de la ciudad. El adecuado manejo y mantenimiento garantiza la permanencia de los árboles a largo plazo.

Por este motivo, el Municipio de Loja necesita recaudar fondos adicionales para poner en marcha un programa de manejo y conservación del arbolado urbano en la ciudad. El programa incluiría la contratación del personal y adquisición de herramientas y equipos para el cuidado de los árboles y el control de las plagas y enfermedades. También, incluiría campañas de educación ambiental a la ciudadanía lojana y fondos para financiar parcialmente investigación en temas ambientales. Esto aseguraría un mejoramiento en la belleza paisajística de los parques y avenidas, lo cual tendría un impacto positivo en su bienestar y de su comunidad.

Para ejecutar este programa sería necesario establecer una tarifa que permita financiar las actividades antes mencionadas. Esta tarifa podría ser incluida en el recibo de pago del servicio de agua; este sería un pago fijo mensual por hogar. Los fondos recaudados serán depositados en una cuenta bancaria de la municipalidad y serán transferidos al departamento ambiental, quien se encargará de ejecutar el programa. Se elaborarán informes financieros semestrales que estarán disponibles en la Municipalidad y serán publicados en la página web de dicha entidad.

Figura 2. Escenario hipotético empleado en la entrevista al sector sur de la ciudad de Loja.

5.4.1. Montos sugeridos

En la prueba piloto realizada a la academia y un porcentaje de la población se preguntó cuánto estarían dispuestos a pagar por mes para financiar el programa de manejo y conservación del arbolado urbano en los parques y avenidas de la ciudad. Esto se realizó con el objetivo de saber los montos máximos y mínimos de voluntad de pago. Una vez obtenidos los datos se establecieron seis rangos de montos asignados que fueron: menor a 50 centavos, 0,5 a 1 dólar, 1-1,5 dólares, 1,5-2 dólares, 2-2,5 dólares y mayor a 2,5 dólares. Estos montos fueron colocados aleatoriamente en la pregunta cerrada que consta en el cuestionario (pregunta 28) para obtener la disponibilidad a pagar por un programa de manejo y conservación del arbolado urbano de la ciudad de Loja (Anexo 1).

Cabe mencionar, que en la sección III se especificó la pregunta cerrada que fue diseñada de tal manera que obtuvimos la voluntad de pago por el cambio propuesto en el escenario hipotético en relación al manejo y conservación del arbolado urbano en parques y avenidas de la ciudad de Loja (Anexo 1).

5.4.2. Análisis de datos voluntad de pago y variables socioeconómicas que influyen en la voluntad de pago

Para calcular el monto promedio de la voluntad de pago fue realizado un análisis no paramétrico que utiliza como estimador una interpolación lineal (Cisneros, 2005). El análisis no paramétrico es un análisis no restringido y sin supuestos, en el cual para conocer la voluntad

de pago sólo fueron utilizadas la respuesta positiva del entrevistado y el monto sugerido por el encuestador. Este monto fue asignado de manera aleatoria en toda la muestra en la presente investigación (Haab y MacConnell 2002).

Para realizar la estimación no paramétrica se generó una tabla que resume los niveles de tarifa sugeridos y las respuestas (sí y no) obtenidas para cada tarifa sugerida. Luego se obtuvo la probabilidad de obtener un “sí” a los diversos niveles de la oferta incluidos en la encuesta. Adicionalmente se realizó el cálculo de la voluntad de pago promedio para varios rangos de ingreso promedio mensual, con la finalidad de discriminar entre diferentes condiciones socioeconómicas existentes en la población de la zona sur de Loja y contar con una alternativa de asignación de montos a pagar más equitativa.

Para determinar la información socioeconómica que influye en la voluntad de pago fue generado un modelo econométrico *probit*. La variable dependiente usada en el modelo *probit* fue la disponibilidad a pagar por parte de los entrevistados en la zona sur de la ciudad de Loja, y las variables independientes fueron: estado civil, sexo, edad, origen, tipo de vivienda, educación, ocupación, tipo de institución en que trabaja, personas que conforman el hogar, número de personas dependientes del jefe de hogar, existencia dependientes del jefe de hogar, ingreso mensual por hogar, participación en programas de conservación y/o reforestación, manejo de los árboles de los parques y avenidas, importancia de mantener el cuidado de los árboles mediante: podas, tratamiento de plagas y enfermedades, evaluación del manejo de las áreas verdes, beneficios que prestan las áreas verdes, afectación de la disminución de áreas verdes, plusvalía y frecuencia de las visitas. Todas las variables mencionadas fueron evaluadas mediante el software Rstudio con el objetivo de saber cuáles fueron los aspectos que influyeron en la voluntad de pago.

Cabe mencionar que se realizó un análisis de correlación de las variables independientes para evitar posibles problemas de multicolinealidad en el modelo *probit* (Anexo 2). Así mismo, para conocer la validez del modelo, se usó la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow, el mismo que se caracteriza por tener una variable dependiente cualitativa de dos valores, el mismo que representa la ausencia y presencia de una determinada característica (Gujarati y Porter, 2009).

$$L_i = \ln \left(\frac{P_i}{1 - P_i} \right) = \beta_1 + \beta_1 X_i$$

Donde:

L_i = log de los odds ratio

P_i = probabilidad de participar

$1 - P_i$ = probabilidad de no participar

β_1 = intercepto de Y

X_i = vector de las variables explicativas

6. Resultados

6.1. Características estructurales de cinco servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la zona sur de la ciudad de Loja

6.1.1. Hábitat y refugio

En el sector sur de la ciudad de Loja fueron registrados 1 930 individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 5 cm, los cuales corresponde a 60 especies, 44 géneros y 30 familias (Tabla 2, Anexo 3). Las familias más abundantes fueron Fabaceae (n= 9 sp.), Oleaceae (n = 5 sp.), Bignoniaceae (n = 4 sp.) y Salicaceae (n = 2 sp.). También, se determinó que las especies más abundantes en la parroquia Punzara fueron: *Salix humboldtiana* (sauce, especie exótica), *Alnus acuminata* (aliso, especie nativa), *Fraxinus chinensis* (fresno, especie exótica), *Vachellia macracantha* (faique, especie exótica) y *Schinus molle* (molle, especie nativa). Mientras que, en la parroquia San Sebastián fueron: *Jacaranda mimosifolia* (arabisco, especie naturalizada), *Salix humboldtiana* (sauce, especie exótica), *Fraxinus chinensis* (fresno, especie exótica), *Vachellia macracantha* (faique, especie exótica) y *Acacia melanoxylon* (acacia, especie exótica).

En cuanto a las clases diamétricas se mostró mayor concentración de individuos en la clase diamétrica II (18,10 - 29,8 cm) con 567 árboles, mientras que en la clase X (112,4 - 124,10 cm) se encontró la menor cantidad con 12 individuos.

Tabla 2. Composición florística de las avenidas y parques en las parroquias de la zona sur de la ciudad de Loja.

Parroquia	Área verde	Abundancia (# ind.)	Familias	Géneros	Especies
Punzara	Avenida	518	23	27	32
	Parque	843	18	25	30
		1361			
San Sebastián	Avenida	474	20	25	30
	Parque	95	11	17	17
		569			

En las avenidas de la parroquia Punzara *Terminalia catappa* (almendro), *Ficus benjamina* (ficus) y *Callistemon lanceolatus* (cepillo chino) fueron las especies que tienen mayor potencial para el servicio ecosistémico de hábitat y refugio, debido a que son especies perennifolias con follaje denso. Mientras que en la parroquia San Sebastián, las especies *Callistemon lanceolatus* (cepillo chino), *Casuarina equisetifolia* (casuarina) y *Eriobotrya*

japonica (níspero). De igual forma, en los parques de la parroquia Punzara las especies *Acacia dealbata* (acacia blanca), *Acacia melanoxylon* (acacia negra) y *Callistemon speciosus* (calistemo rojo) fueron las especies con mayor potencial para la provisión de hábitat y refugio; y *Callistemon citrinus* (calistemo), *Cupressus macrocarpa* (ciprés) y *Grevillea robusta* (grevillea) en la parroquia San Sebastián (Figura 3).

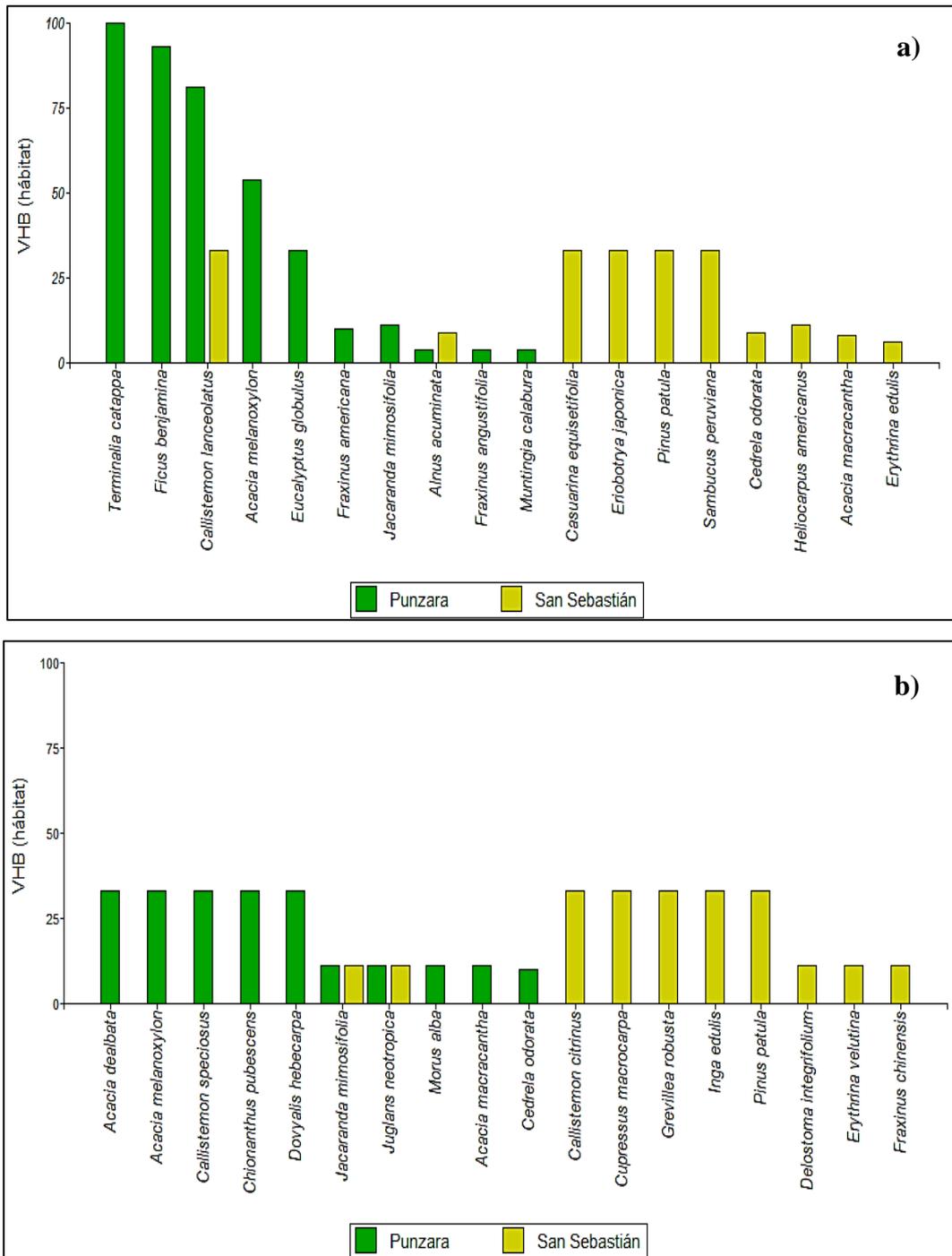


Figura 3. Valor funcional de hábitat y conectividad de avifauna silvestre de las especies forestales en: a) avenidas y b) parques de la ciudad de Loja, Ecuador.

6.1.2. Almacenamiento y secuestro de carbono

El almacenamiento de carbono en el arbolado urbano fue estimado en 3 905,11 Mg en el sector sur de la ciudad de Loja (Tabla 3). En las avenidas se cuantificó en total 2 995,29 Mg de carbono y en los parques 909,82 Mg de carbono en los árboles. La parroquia de Punzara presentó la mayor acumulación de carbono en el arbolado urbano de las avenidas, mientras que la menor acumulación de carbono fue estimada en los parques de la parroquia San Sebastián (Tabla 3).

Tabla 3. Carbono total, abundancia (número de individuos) y promedio del DAP por parroquias y áreas verdes (avenida y parques) de la zona sur de la ciudad de Loja (individuos de DAP \geq 5 cm).

Parroquias	Área verde	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	Carbono total (Mg)
Punzara		1 361	35,26	2 735,91
	Avenida	518	44,88	2026,51
	Parque	843	25,65	709,40
San Sebastián		569	35,36	1 169,20
	Avenida	474	32,54	968,78
	Parque	95	38,18	200,42
Total		1 930	70,62	3 905,11

Salix humboldtiana (sauce) (1 201,93 C/Mg) y *Schinus molle* (molle) (620,23 C/Mg) (Figura 4) fueron las especies con la mayor acumulación de carbono en los árboles del sector sur de la ciudad de Loja, mientras que las especies que acumularon menor cantidad de carbono fueron *Magnolia grandiflora* (magnolia) (0,06 C/Mg) y *Sambucus peruviana* (tilo) (0,04 C/Mg) (Anexo 4). Asimismo, se evidenció que en los parques y avenidas las especies *Salix humboldtiana* (sauce) y *Schinus molle* (molle) acumularon mayor cantidad de carbono (Anexo 5 y 6) (Figura 4).

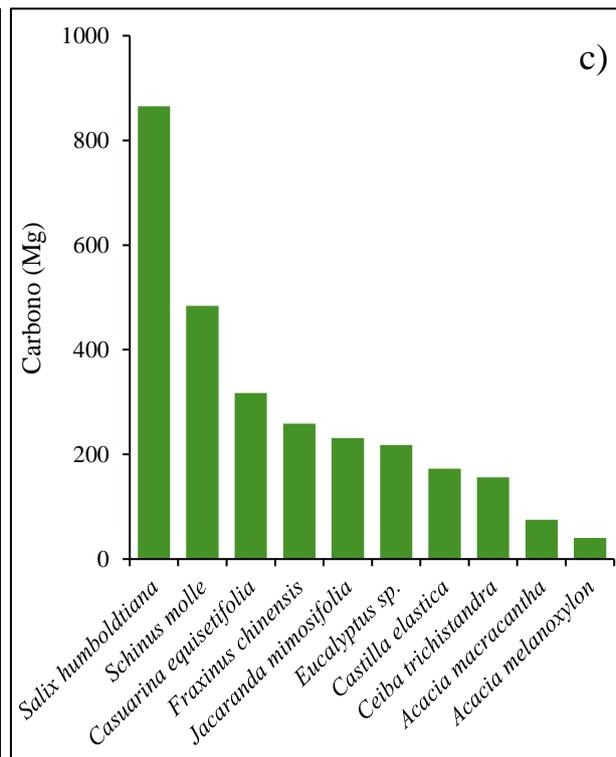
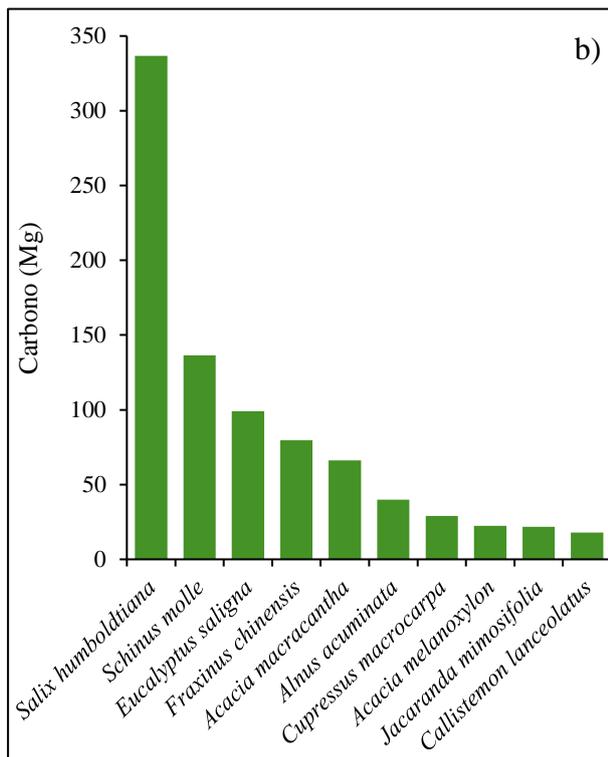
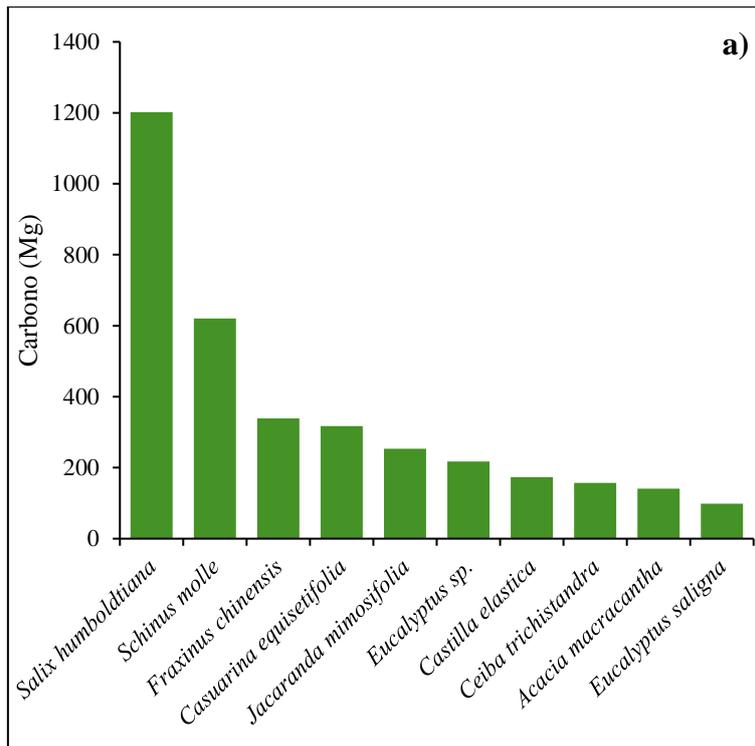


Figura 4. Acumulación de carbono total (Mg) por cada especie en: a) sector sur, b) parques y c) avenidas del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.

En el sector sur el almacenamiento de carbono por árbol fue de 2,02 Mg. Al comparar el almacenamiento de carbono entre los árboles urbanos de las avenidas y parque se obtuvo diferencia estadística ($p < 0,0001$), siendo que la media de acumulación de carbono por árbol en las avenidas fue de 2,98 Mg y en los parques fue de 0,88 Mg por árbol (Figura 5).

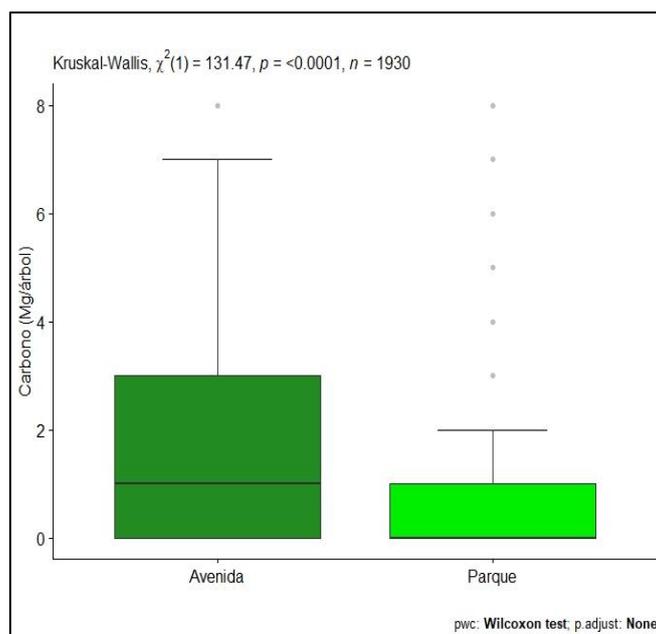


Figura 5. Boxplot de la comparación de almacenamiento de carbono por árbol en avenidas y parques del sector sur de la ciudad de Loja.

6.1.3. Producción de oxígeno

La producción de oxígeno por año en el sector sur de la ciudad de Loja fue de 10 413,64 Mg O₂ siendo que, en el arbolado de la avenida se estimó la mayor producción de oxígeno. En cuanto a las parroquias, Punzara presentó la mayor producción de oxígeno con 7 295,77 Mg O₂, mientras que, en San Sebastián se cuantificó 3 117,87 Mg O₂ (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de la producción de oxígeno por parroquias y área verde del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.

Parroquias	Área verde	N°. Individuos	Producción Total O ₂ (Mg)
Punzara		1 361	7 295,77
	Avenida	518	5404,03
	Parque	843	1891,73
San Sebastián		569	3 117,87
	Avenida	474	2583,40
	Parque	95	534,47
Total		1 930	10 413,64

En el sector sur la producción de oxígeno por árbol fue 5,4 Mg O₂. Al comparar la producción de oxígeno entre los árboles urbanos de las avenidas y parque se obtuvo diferencia estadística ($p < 0.0001$), siendo que la media de producción de oxígeno por árbol en las avenidas fue de 8,01 Mg O₂ y en los parques fue de 2,55 Mg O₂ por árbol (Figura 6).

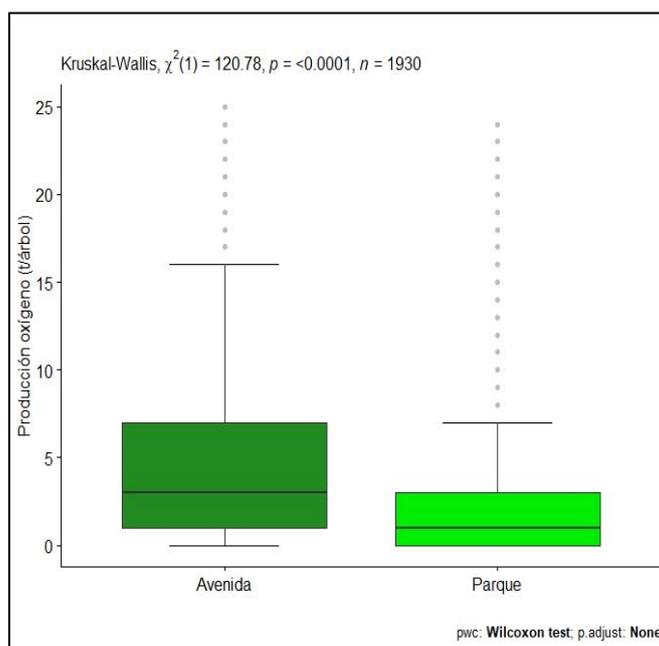


Figura 6. Boxplot de la comparación de la producción de oxígeno por árbol en avenidas y parques del sector sur de la ciudad de Loja.

6.1.4. Recreación

En el sector sur de la ciudad de Loja existen 8 parques que brindan espacios de recreación a los habitantes que residen en este lugar. Las especies con mayor abundancia en los parques fueron: *Salix humboldtiana* (sauce), *Fraxinus chinensis* (fresno) y *Jacaranda mimosifolia* (arabisco), debido a que son especies con gran altura y tiene copa frondosa (Anexo 7).

En la parroquia Punzara *Salix humboldtiana* (sauce), *Alnus acuminata* (aliso) y *Vachellia macracantha* (faique) fueron las especies con mayor abundancia en los parques: Daniel Álvarez, parque de la música y parque Peñón del oeste. Mientras que en San Sebastián *Fraxinus chinensis* (fresno), *Schinus molle* (molle) y *Jacaranda mimosifolia* (arabisco) fueron las más abundantes en los parques: San Sebastián, parque infantil “Bernabé Luis”, parque “Los Molinos”, parque Jugaquina y parque Lineal La Tebaida. (Figura 7).

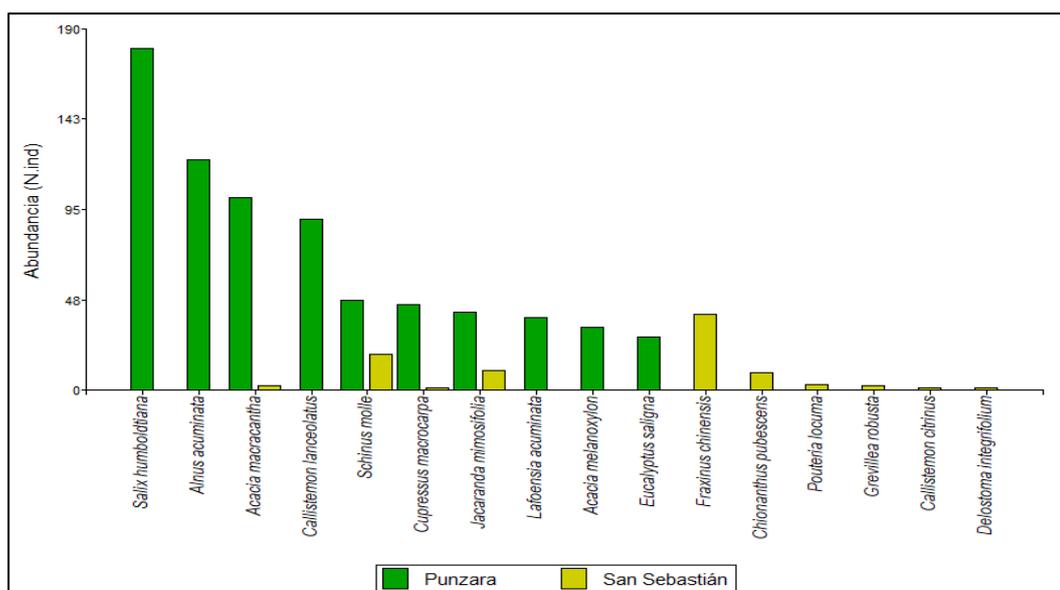


Figura 7. Especies forestales con mayor abundancia en los parques de las parroquias del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.

El 54,62 % de los entrevistados indicaron que si visitan los parques del sector sur de la ciudad de Loja porque les genera una sensación de bienestar y es bueno para la salud, mientras que el 45,38 % no los visitan debido a factores tales como: inseguridad, falta de tiempo y mantenimiento de las áreas verdes e infraestructura.

De igual manera, en la parroquia Punzara el 61,36 % de los entrevistados mencionaron que visitan los parques semanalmente, mientras que en San Sebastián el 52,34 % indicaron que no los visitan frecuentemente (Figura 8).

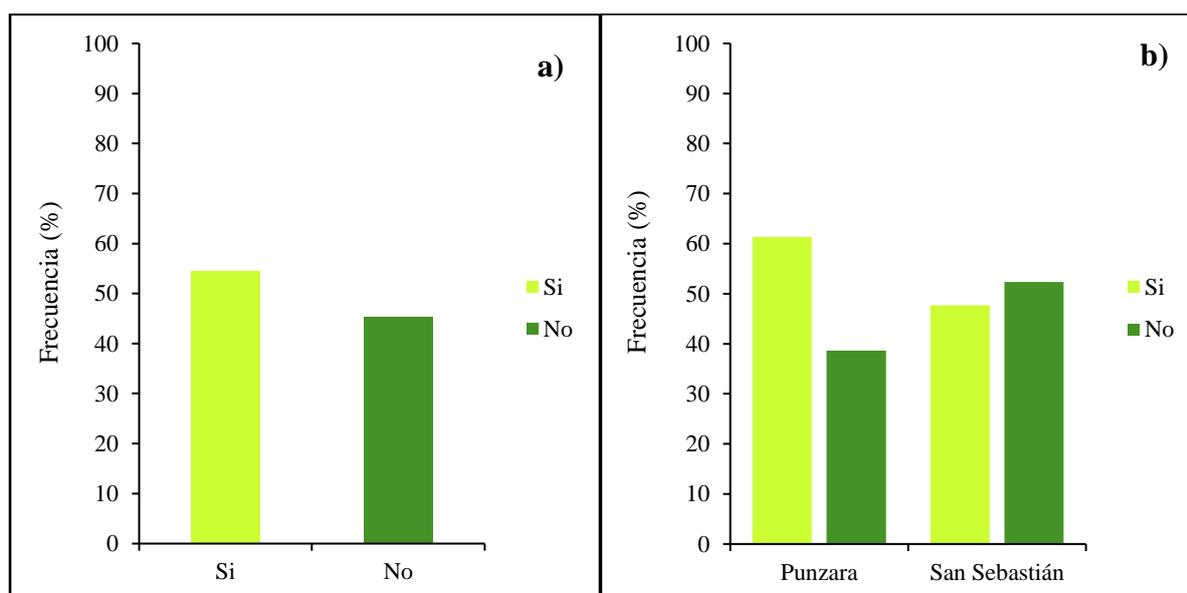


Figura 8. Frecuencia de las visitas a los parques en: a) Sector sur, b) parroquias del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.

6.1.5. Calidad del aire

La calidad del aire en el sector sur de la ciudad de Loja fue negativa de -88 549,25 CO₂/Mg (año), es decir, que del total de emisiones de CO₂/Mg (año) solo el 4,22% es absorbido por los árboles, por tal motivo la calidad del aire no es buena (Tabla 5).

Tabla 5. Calidad del aire del sector sur de la ciudad de Loja.

Capacidad de captura del área verde (Mg)	Emisiones de CO ₂ /Mg (año)	Número de vehículos	Emisiones promedio de los vehículos CO ₂ /Mg(año)	Absorciones (Abs. Mg año)	Calidad del aire	Porcentaje (%)
201,81	4,2	22 013	92 454,37	3 905,11	-88 549,25	4,22

6.2. Percepción social que asignan las personas a los diferentes servicios ecosistémicos urbanos en las categorías de: provisión, regulación, cultural y soporte generados por el arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja

6.2.1. Caracterización social de los residentes en el sector sur de la ciudad de Loja

Las características sociales de los residentes en el sector sur de la ciudad de Loja se obtuvieron de 260 entrevistas semiestructuradas. De los entrevistados el 56.15 % fueron mujeres y 43.85 % hombres. Las características demográficas del sector sur de la ciudad de Loja por sexo y edad muestran que el rango de edad de la población está entre 15 a 90 años, con una mediana de 40 años (Figura 9), sin embargo, de las 260 personas entrevistadas, 38 personas no manifestaron su edad.

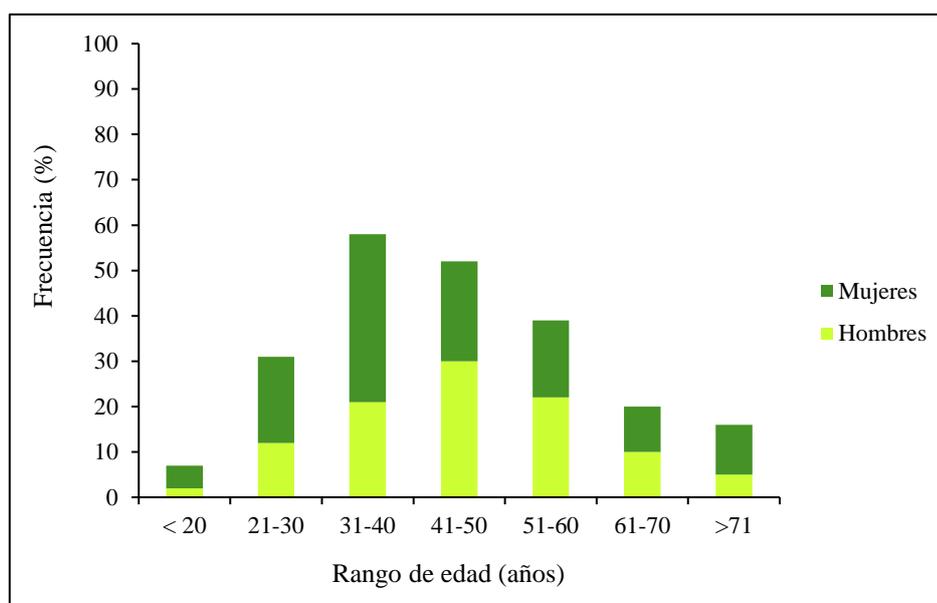


Figura 9. Frecuencia según el rango de edad de la población entrevistada en la zona sur de la ciudad de Loja.

6.2.2. Percepción social hacia los servicios ecosistémicos que brinda el arbolado urbano de la zona sur de la ciudad de Loja

En el sector sur de la ciudad de Loja el 80,77 % de los entrevistados mencionaron que desconocen el concepto de servicios ecosistémicos, mientras que el 19,23 % indicaron que son los beneficios o servicios que nos brindan los árboles o naturaleza, cuidado del ambiente, bienes de la naturaleza y áreas verdes. La percepción social de los servicios ecosistémicos culturales fue predominante con 38,58 % de los servicios mencionados, seguido por los de soporte con 25,09 %, provisión con 22,89 % y de regulación con el 15,95 % (Tabla 6). Los servicios ecosistémicos con mayor frecuencia indicados por los entrevistados fueron: recreación, relajación y el descanso, conocimientos ancestrales y belleza paisajística. Otros servicios que se perciben, aunque en menor medida por la población fueron: regulación hidrológica y climática, refugio para avifauna, sombra y producción de oxígeno.

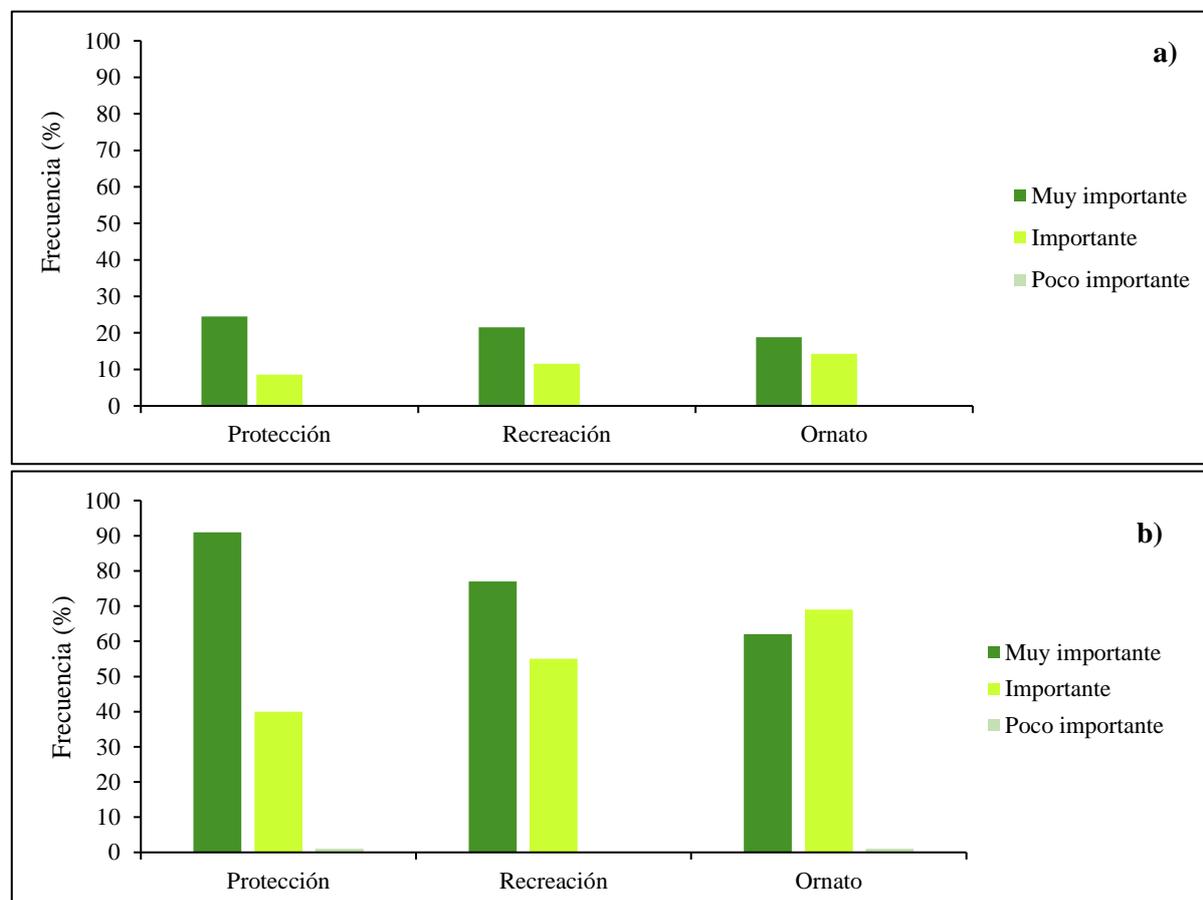
Tabla 6. Percepción social hacia los servicios ecosistémicos en las categorías de: provisión, regulación, cultural y soporte generados por el arbolado urbano en el sector sur de la ciudad de Loja.

Servicios del ecosistema	Descripción	f (%)
Servicios culturales		
Turismo	Belleza paisajística	7,91
Tranquilidad	Relajación y el descanso de familiares y visitas	3,92
Recreación	Mantener la convivencia y actividades de recreación familiar	23,75
Conocimientos ancestrales	Compartir y transmitir conocimientos sobre las plantas y animales a los niños	5,25
Subtotal		40,83
Servicios de soporte		
Hábitat a plantas y animales	Refugio	6,81
Mantener el ciclo del agua	Ciclo del agua	7,85
Subtotal		14,66
Servicios de regulación		
Proporcionar una temperatura y humedad agradables en el sector en el que vive	Regulación del clima	4,13
Proteger a los hogares de inundaciones, deslizamientos, erosión del suelo, infiltración de aguas lluvias y presencia de vientos fuertes	Control de la erosión y retención de sedimentos, formación del suelo	4,03
Mantener la cantidad y calidad del agua de los ríos	Regulación hidrológica	3,98
Mantener la salud de las personas	Control biológico	5,34
Absorción del CO2	Regulación del aire	4,00
Subtotal		21,48

Servicios del ecosistema	Descripción	f (%)
Servicios de provisión		
Proveer frutos para los animales	Producción de alimentos	8,17
Proveer semillas y material vegetal para la producción de plántulas	Producción de materias primas	6,76
Producción de oxígeno	Regulación de gases	3,96
Producir sombra	Regulación del clima	4,00
Subtotal		22,89
Total		100

6.2.3. Importancia de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la zona sur de la ciudad de Loja

El mayor porcentaje de importancia que asignaron los entrevistados a las diferentes áreas verdes fue de muy importantes con 64,87 %, siendo la categoría de protección la que obtuvo el mayor porcentaje con 24,49 % (Figura 10a). En la parroquia Punzara los entrevistados consideraron muy importantes las áreas verdes de protección (91 %) y recreación (77 %), mientras que, en ornato, es decir parque lineal y recreativos el porcentaje más alto fue de importante con 69 % (Figura 10b). Por otra parte, en la parroquia San Sebastián indicaron que las tres áreas verdes son muy importantes siendo protección la que obtuvo el mayor porcentaje con el 100 %, recreación (91 %) y ornato (85 %) (Figura 10c).



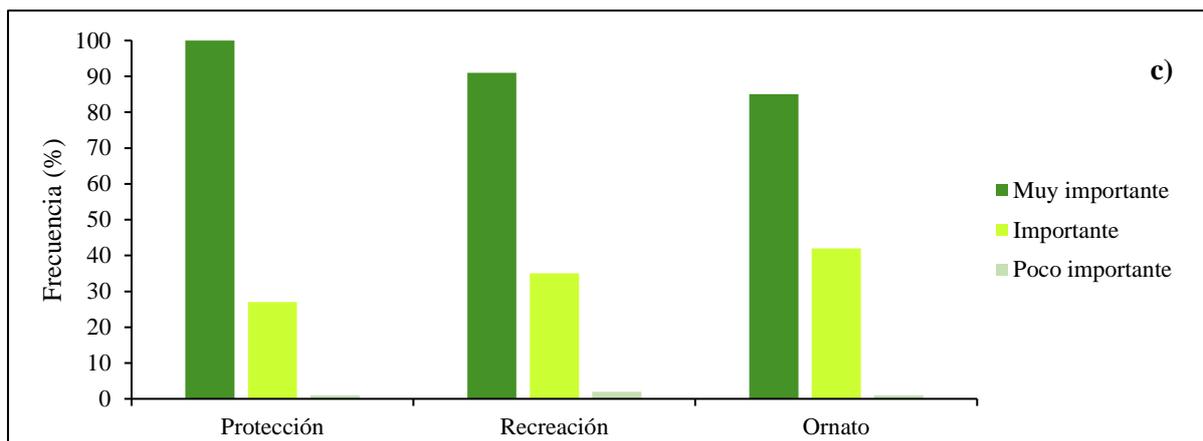
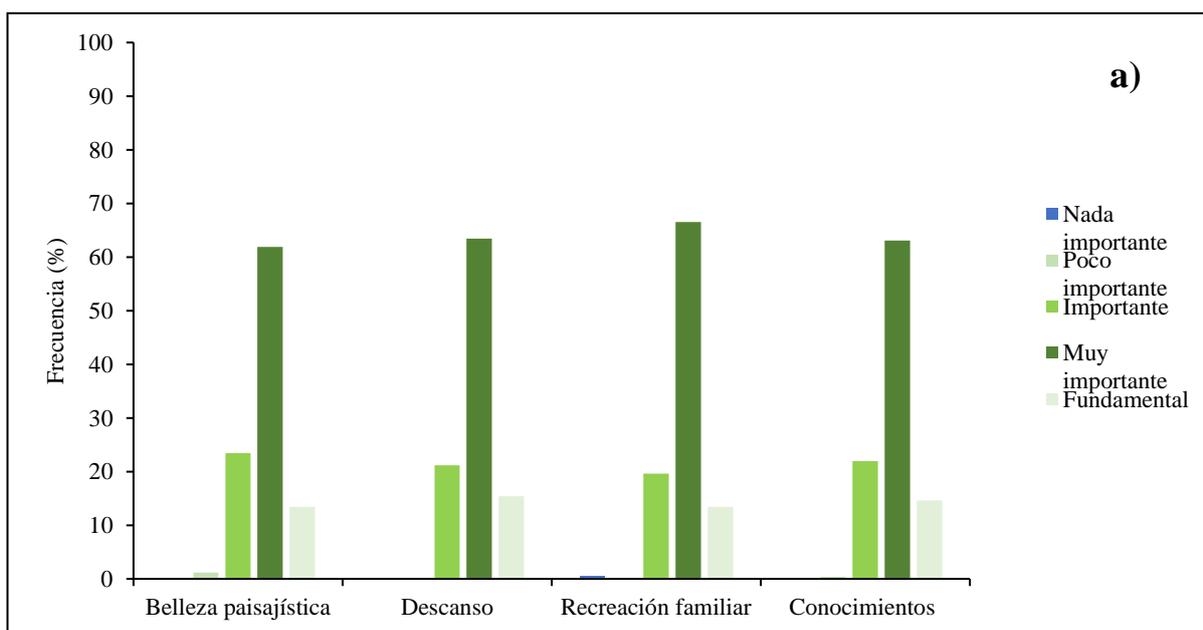


Figura 10. Importancia de las áreas verdes en las categorías: ornato, recreación y protección en: a) Sector sur, y en las parroquias b) Punzara y c) San Sebastián de la ciudad de Loja, Ecuador.

En los servicios ecosistémicos culturales, los entrevistados indicaron que son importantes y muy importantes el arbolado urbano para la recreación familiar con 67 %, belleza paisajística con 62 %, y, descanso y conocimientos con 63 % (Figura 11a). En cuanto a los servicios ecosistémicos de soporte mencionaron que son muy importantes las categorías de refugio con 57,69 % y ciclo del agua con 63,46 % (Figura 11b). De igual forma, en los servicios ecosistémicos de regulación señalaron que son muy importantes las categorías de regulación hidrológica con 62,31 %, regulación del aire con 61,92 %, control biológico y de erosión con 61,15 % y regulación del clima con 58,08 %. Por último, en los servicios ecosistémicos de provisión expusieron que son muy importantes los de regulación de gases con un 62,69 %, regulación del clima con 59,23 %, producción de materia prima con 58,85% y producción de alimentos con 56,54 %.



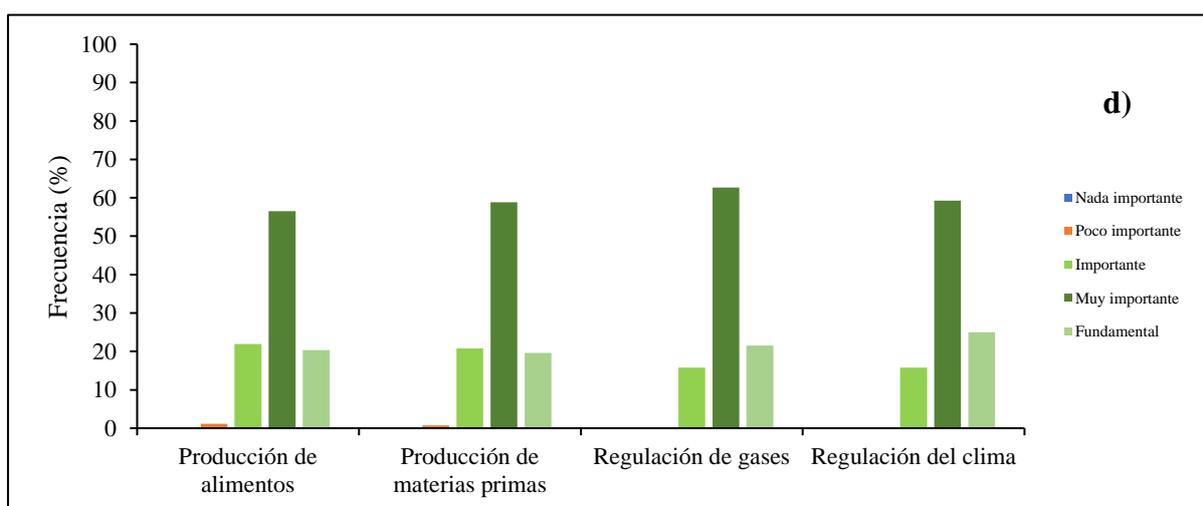
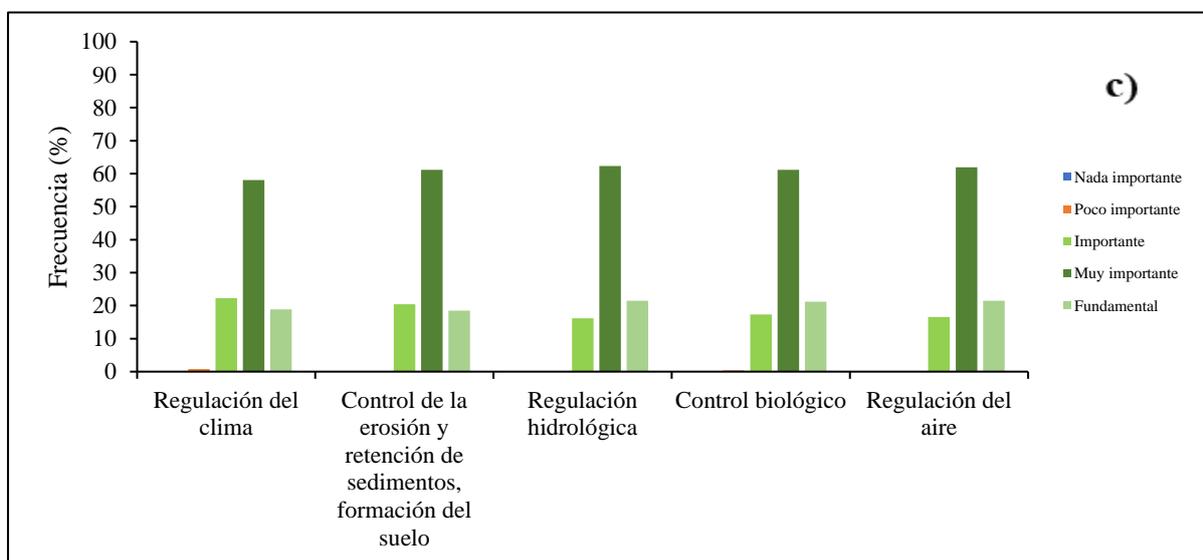
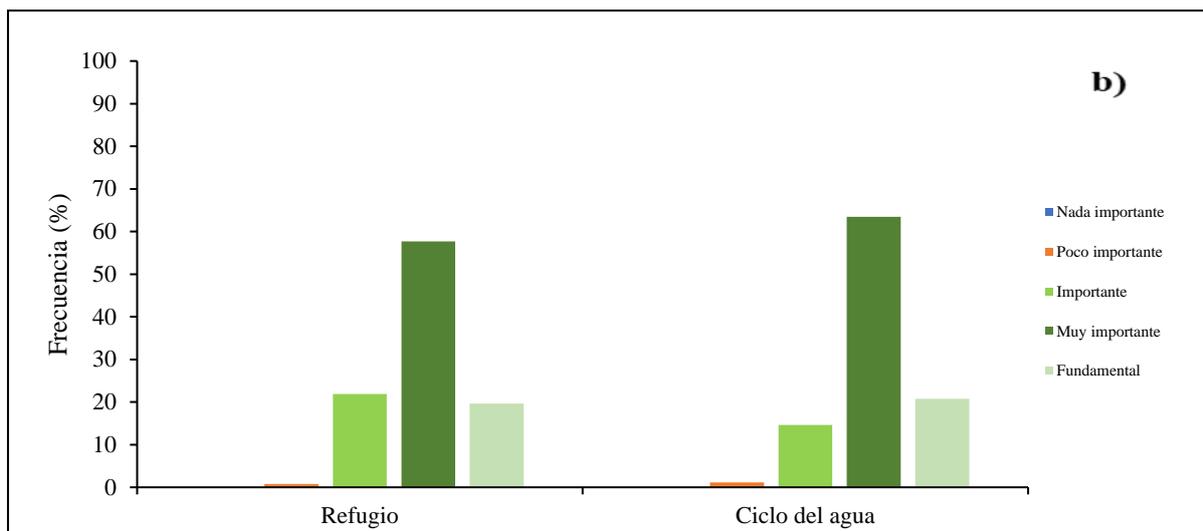


Figura 11. Grado de importancia en diferentes subcategorías de los servicios ecosistémicos: a) culturales, b) de soporte, c) de regulación y d) provisión que brinda el arbolado urbano del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.

Las causas que afectan los beneficios que generan los árboles de los parques y avenidas en las ciudades son seis, de las cuales contaminación por basura es la más sobresaliente con 30,21 %, seguido de mal cuidado 24,63 % mientras que inundaciones presentó menor porcentaje con 1,31 % (Figura 12).

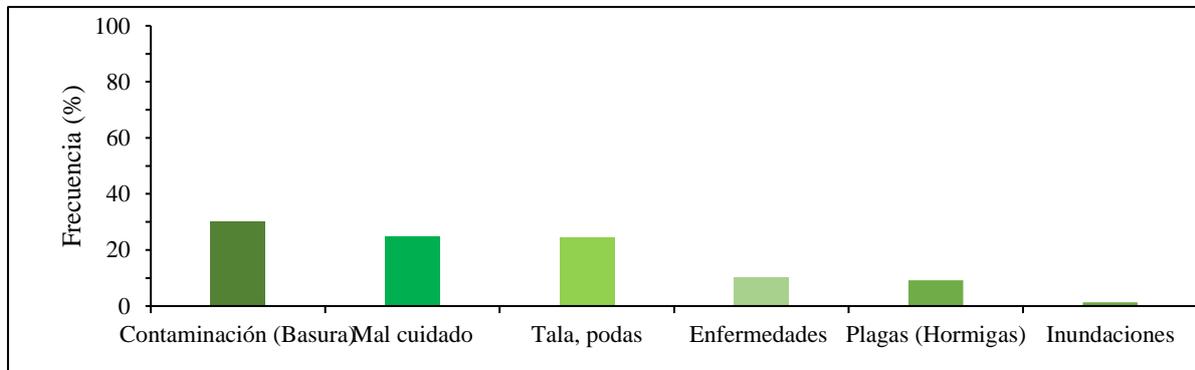


Figura 12. Causas que afectan los beneficios que brinda el arbolado urbano del sector sur de la ciudad de Loja.

6.3. Disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano que provee servicios ecosistémicos y las características socioeconómicas que influyen en la decisión del pago de las personas que residen en el sur de la ciudad de Loja

En el sector sur de la ciudad de Loja el 56,16 % son mujeres y el 43,85 % son hombres, con un máximo de edad de 90 años, mínimo de 15 años y una mediana de 40 años. Además, el 80 % mencionaron que provienen de la ciudad de Loja. El 50,38 % indicaron que el nivel de instrucción es primaria y secundaria. En cuanto al estado civil el 41,15 % son casados y el 34,62 % son divorciados.

De igual forma, de la ocupación o trabajo de los entrevistados el 69,62 % es asalariado siendo el 47,31 % con trabajo en instituciones privadas, con una media del ingreso del hogar de \$762,06. Cabe mencionar que, el 58,08 % si tienen personas que dependen económicamente del jefe de hogar.

6.3.1. Disponibilidad a pagar para conservar el arbolado urbano que provee servicios ecosistémicos

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 7 se puede decir que los hogares con ingresos promedio mayores a 711,93 dólares/mes están dispuestos a pagar un monto mayor a 2,50 dólares/mes como voluntad máxima de pagó (WTP); además se observa un patrón que indica, conforme aumenta la tarifa sugerida los hogares con mayores ingresos están dispuestas a pagar el monto. Los hogares que respondieron que “no” a los diferentes montos sugeridos tienen un promedio de ingreso del hogar menor a 570,83 dólares/mes.

Tabla 7. Valores del ingreso promedio de los hogares que contestaron si y no con los diferentes montos sugeridos para financiar el programa de manejo y conservación del arbolado urbano en todos los parques y avenidas de la ciudad.

Monto	Respuesta	Obs	Mean	Std dev	Min	Max
< 0.50	Si	43	711,93	334,75	150	1 800
	No	11	646,36	308,17	200	1 200
0.50 - 1	Si	36	818,94	421,33	250	2 000
	No	5	495,00	95,85	425	600
1 – 1.50	Si	37	734,59	488,32	70	2 500
	No	4	618,75	232,18	425	950
1.50 - 2	Si	29	660,45	288,85	100	1 500
	No	11	1012,91	881,25	425	3 000
2 – 2.50	Si	29	879,48	638,45	80	3 000
	No	11	727,27	304,44	400	1 550
>2.50	Si	38	830,92	504,41	300	2 500
	No	6	570,83	155,26	400	750

El promedio de la disponibilidad a pagar (dap) en los montos sugeridos para el programa de manejo y conservación del arbolado urbano en la ciudad de Loja fue 2,3 dólares/mes, pero este valor es muy sensitivo a valores extremos; por lo tanto, se calculó la mediana que fue igual a 1,40 dólares/mes (Tabla 8) (Anexo 9); con la medida del cambio en bienestar debido que expresa las preferencias de los encuestados (Figura 13).

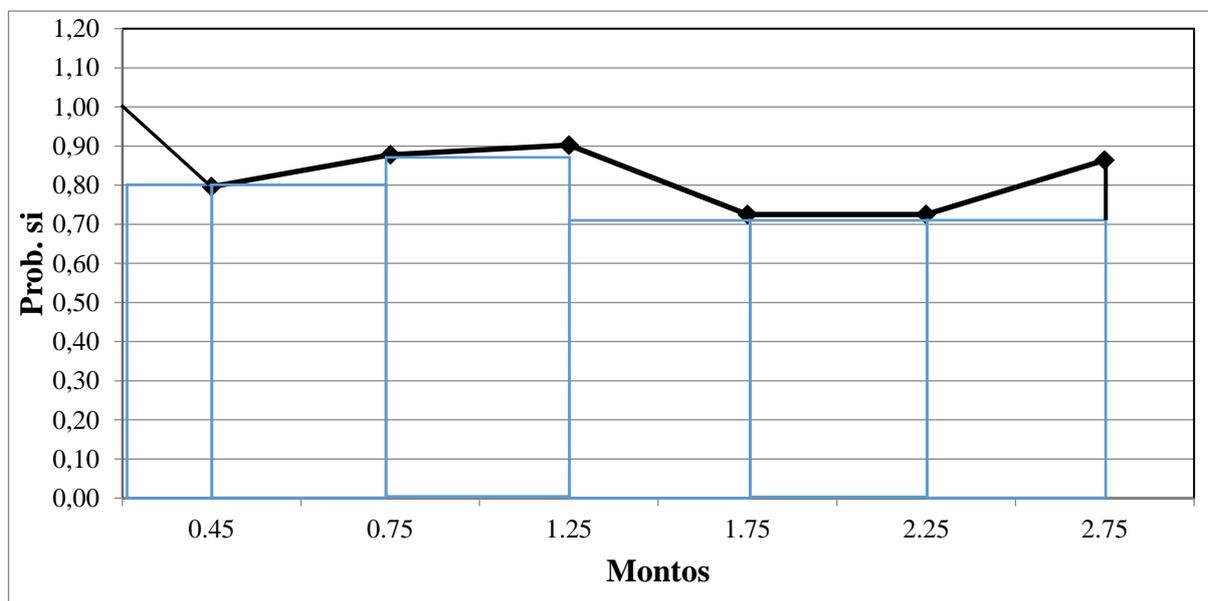


Figura 13. Curva de supervivencia para los datos obtenidos en las encuestas cuando la respuesta es positiva para los diferentes montos sugeridos.

Tabla 8. Cálculo del promedio de la voluntad de pago mediante análisis no paramétrico.

Monto (<i>tj</i>)	Total entrevistados	Respuestas afirmativas	Respuestas negativas	Proporción de respuestas afirmativas (<i>P</i>)	Probabilidad de obtener un si a los diferentes montos (1-Fwtp)	Rectángulos	Triángulos	
0				1	1	0,00	0,000	
0,5	54	43	11	0,80	0,20	0,36	0,045	
1	41	36	5	0,88	0,12	0,24	0,012	
1.50	41	37	4	0,90	0,10	0,44	0,005	
2	40	29	11	0,73	0,28	0,37	0,043	
2.50	40	29	11	0,73	0,28	0,37	0,000	
WTP	3	44	38	6	0,86	0,14	0,37	0,033
E(VP)		260	212	48			2,135	0,137
Media	2,3							
Mediana	1,40							

6.3.2. Características socioeconómicas que influyen en la decisión del pago de las personas que residen en el sur de la ciudad de Loja

El 90 % de las personas entrevistadas manifestaron que no han participado en programas de conservación y/o reforestación en la ciudad de Loja (Figura 14a). Al particionar el análisis por parroquia, se obtuvo que solamente el 11,72 % y el 8,33 % de los habitantes de las parroquias San Sebastián y Punzara, respectivamente, si han participado en programas de conservación y/o reforestación (Figura 14b).

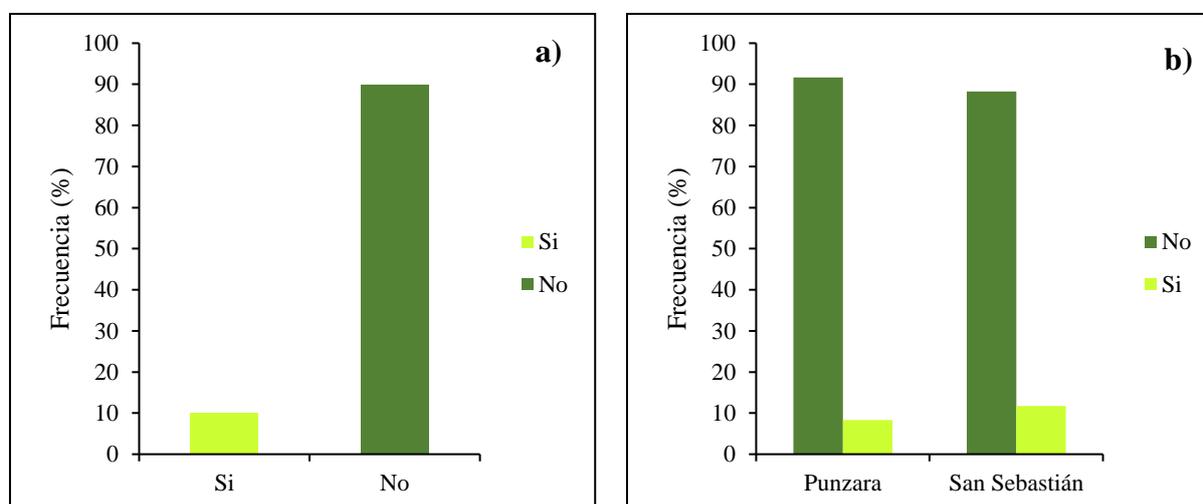


Figura 14. Frecuencia de la participación en programas de conservación y/o reforestación en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.

De igual forma, el 86,15 % de las personas entrevistadas mencionaron que no conocen cuál es la intervención de la municipalidad de Loja en el manejo de los árboles de los parques y avenidas en el sector sur de la ciudad de Loja (Figura 15a). Sin embargo, en la parroquia San

Sebastián el 14,84 % indicaron que si conocen la intervención de la municipalidad de Loja (Figura 15b).

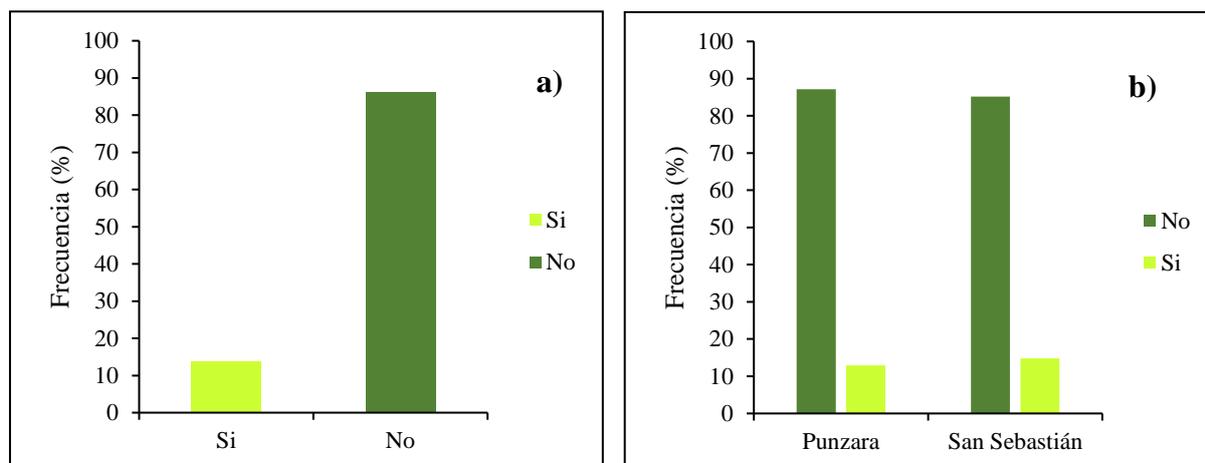


Figura 15. Frecuencia de la intervención de la municipalidad de Loja en el manejo de los árboles de los parques y avenidas en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.

Asimismo, el 95,77 % de los entrevistados indicaron que si es importante mantener el cuidado de los árboles mediante podas y tratamiento de plagas y enfermedades. En las dos parroquias en estudio los habitantes indicaron que se debe mantener la conservación del arbolado urbano.

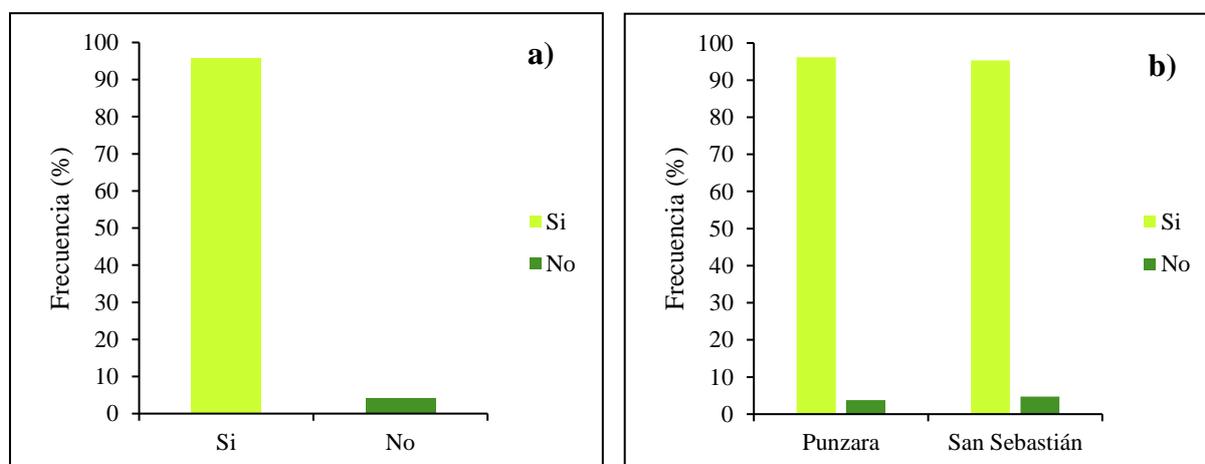


Figura 16. Frecuencia del cuidado de los árboles mediante podas y tratamientos de plagas y enfermedades en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.

En cuanto al manejo de las áreas verdes parte de la municipalidad, el 24,62 % de los entrevistados mencionaron que no es excelente, y el 10,58 % que es regular, debido a que las áreas verdes se encuentran en mal estado y no existe un control de las autoridades pertinentes (Figura 17).

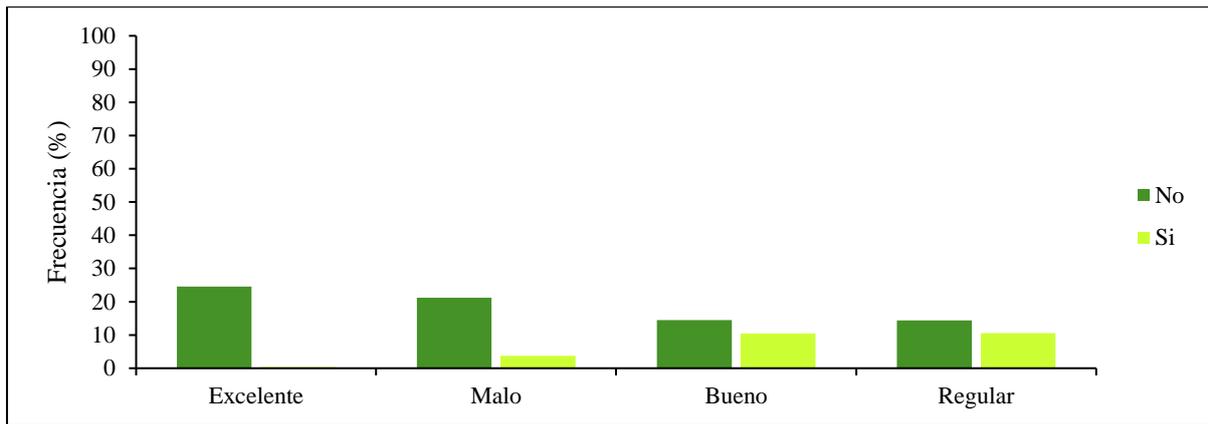


Figura 17. Frecuencia del manejo de las áreas verdes en el sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.

En el sector sur el 96,92 % de las personas entrevistadas si creen que los árboles de las áreas verdes prestan beneficios a todos los habitantes, siendo San Sebastián la parroquia con mayor porcentaje con un 97,66 % (Figura 18).

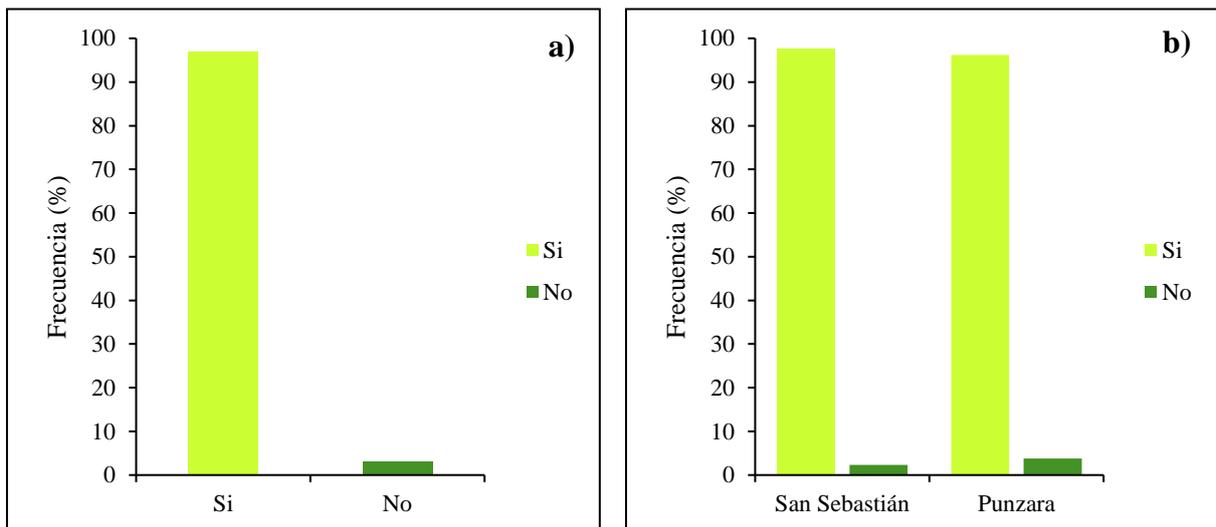


Figura 18. Frecuencia del cuidado de los árboles mediante podas y tratamientos de plagas y enfermedades en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.

En el sector sur de la ciudad de Loja el 76,92 % de los entrevistados mencionaron que la disminución de las áreas verdes en parques y avenidas afectan el bienestar de las personas. En la parroquia San Sebastián el 90,63 % de los entrevistados sostuvieron que la disminución de las áreas verdes en parques y avenidas si afecta el bienestar de las personas, mientras que, en Punzara el 63,64 % (Figura 19).

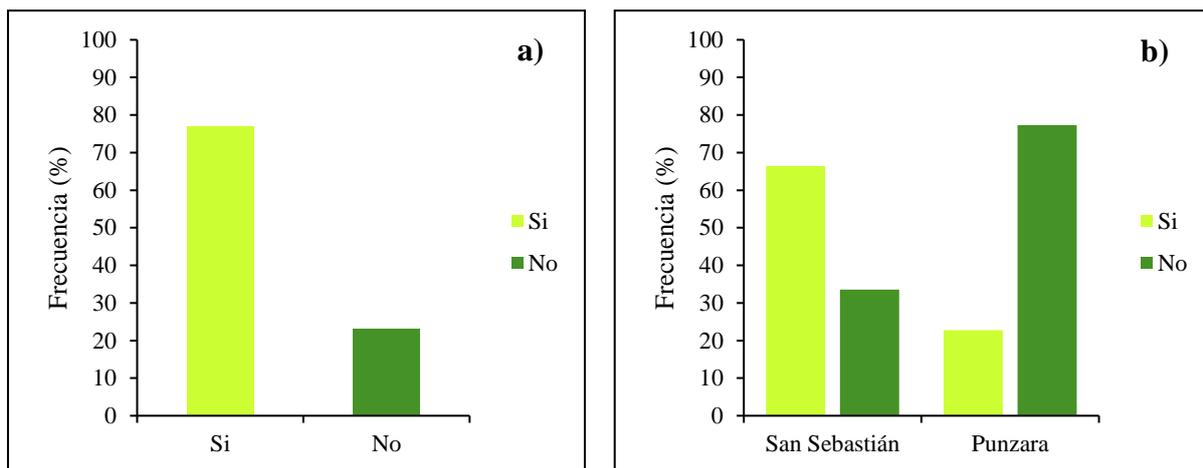


Figura 19. Frecuencia de la afectación del bienestar de las personas debido a la disminución de las áreas verde en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.

El 55,77 % de los entrevistados manifestaron que invertir (dinero) en los espacios verdes no incrementa el valor de los inmuebles o infraestructura (Figura 20a). La parroquia Punzara obtuvo el mayor porcentaje con 77,27 % mientras que, en San Sebastián el 66,41 % indicaron que si incrementa el valor de los inmuebles o infraestructura (Figura 20b).

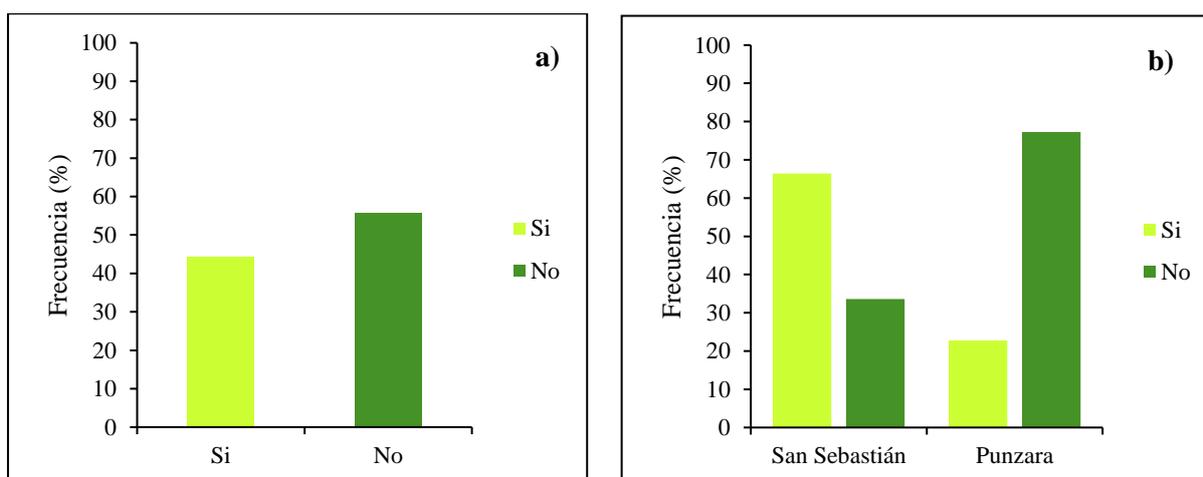


Figura 20. Frecuencia de si la inversión de dinero en los espacios verdes incrementa el valor de los inmuebles o infraestructura en: a) Sector sur, b) parroquias de la ciudad de Loja, Ecuador.

Los habitantes del sector sur de la ciudad de Loja indicaron que existe una gran variedad de ventajas de invertir recursos económicos en los espacios verdes, entre los que se destacan: aire puro (19,68 %), recreación (14,92 %), belleza escénica (13,33 %), entre otros (Figura 21a). Cabe mencionar que, el 64,23 % mencionó que no existe ninguna desventaja en invertir dinero en las áreas verdes, el 18,85 % desconoce y el 8,85 % vandalismo (Figura 21b).

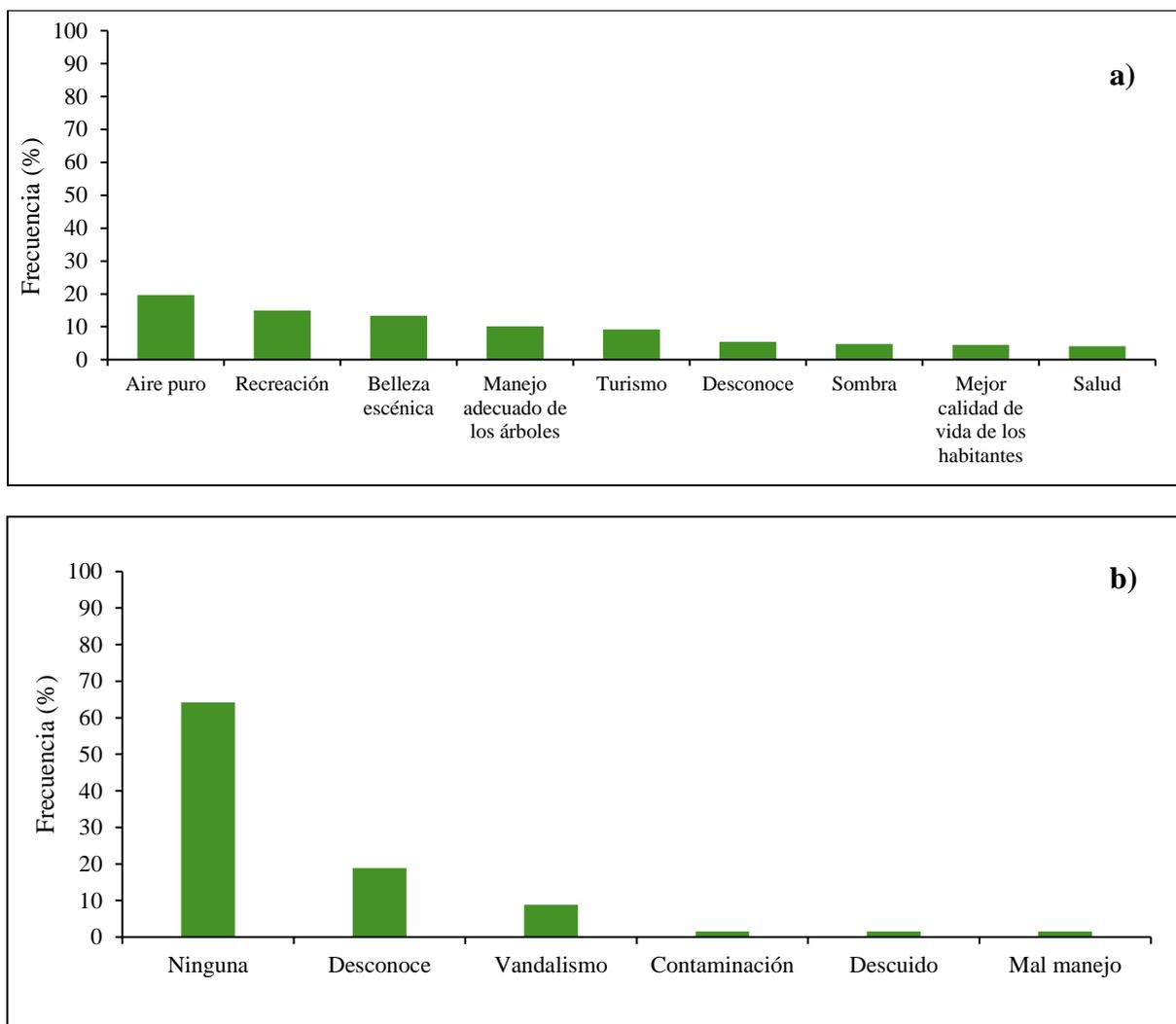


Figura 21. Frecuencia de las principales ventajas (a) y desventajas (b) de invertir (dinero) en los espacios verdes en el sector de la ciudad de Loja, Ecuador.

6.3.3. Variables que influyen en la voluntad de pago

En la Tabla 9 se indica el resultado del modelo *probit en* donde se muestra que las variables manejo y beneficios fueron estadísticamente significativas; es decir, tiene incidencia en las decisiones de los hogares para financiar programa de manejo y conservación del arbolado urbano en los parques y avenidas de la ciudad. La prueba de Hosmer-Lemeshow muestra que el modelo posee un buen ajuste ($p\text{-value} = 0,8963$; $\alpha=0,05$).

La variable manejo de los árboles de los parques y avenidas, incrementa la probabilidad de participar en programa de manejo y conservación del arbolado urbano, es decir, mientras más conocen la intervención de la municipalidad de Loja, la probabilidad de participar en programas de manejo y conservación del arbolado urbano en los parques y avenidas aumenta en 1,30 veces. En cuanto a la variable de beneficios, tuvo un efecto significativo positivo, en donde indica que entre más beneficios se obtenga de los árboles de las áreas verdes, la

probabilidad de participar en un programa de manejo y conservación aumenta 3,36 veces (Tabla 9).

Tabla 9. Modelo *Probit* sobre el deseo de participar en programa de manejo y conservación del arbolado urbano en los parques y avenidas de la ciudad.

Parámetros	Coefficiente	P-value	Odds ratio (OR)
(Intercepción)	4,769	0,9757	117,8
Educación	-0,004	0,9815	0,996
Ingresos	0,000	0,9304	1,000
Participación	0,152	0,6598	1,164
Importancia	-5,511	0,9720	0,004
Manejo	0,263	0,0478	1,301
Beneficios	1,215	0,0186	3,369
Disminución	0,023	0,9253	1,024
Plusvalía	0,009	0,9639	1,010
Visitas	-0,076	0,5255	0,927

x-squared=3,53, df=8, p-value= 0,8963

7. Discusión

7.1. Características estructurales de cinco servicios ecosistémicos generados por el arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja

7.1.1. Hábitat y refugio

En el arbolado urbano del sector sur de la ciudad de Loja se identificaron un total de 1 930 individuos, distribuidos en 60 especies, 44 géneros y 30 familias, esta información es cercana a lo expuesto por Fuentes (2016) en un estudio realizado en el cantón Quevedo donde se registraron 1 537 individuos en 83 especies, 75 géneros y 35 familias. Además, una de las familias más abundantes fue Fabaceae con 9 especies datos que son similares con lo propuesto por Elizondo et al., (2018) en un estudio de estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares el que se registraron como familia más representativa la Fabaceae con cuatro taxones.

Las especies más abundantes del arbolado urbano fueron *Salix humboldtiana* (sauce, especie exótica) con 444 individuos y *Jacaranda mimosifolia* (arabisco, especie naturalizada) con 173 individuos. Hernández-Castán et al., (2022) sostiene que en la Laguna de San Baltazar de la ciudad de Puebla, México, la especie *Salix humboldtiana* (sauce) fue una de las especies más representativas con 225 individuos. Las especies *Terminalia catappa*, *Callistemon lanceolatus* y *Acacia dealbata* tienen el mayor potencial para brindar hábitat y refugio de avifauna ya que tienen mayor densidad de copa y perennidad el follaje. La predilección de la avifauna denota que un poco más de la mitad de los anidamientos, el 52,7 %, se presentaron en solo cinco especies forestales, de las 50 en donde se hallaron nidos, estas son: urapán (*F. chinensis*) con 13,8 %, pino candelabro (*P. radiata*) con el 12 %, caucho sabanero (*F. andicola*) con el 10,7 %, eucalipto común (*E.globulus*) con 8,7 % y el ciprés (*C. lusitánica*) con 7,5 % (Tovar, 2006).

Esto indica que el servicio ecosistémico de hábitat y refugio que nos ofrece el arbolado urbano es esencial para: mantener la biodiversidad ya que proporcionan un lugar seguro para anidar y protegerse de los depredadores, control de plagas porque algunas aves desempeñan un papel importante en el control de poblaciones de insectos y roedores, y proporcionan beneficios para la salud mental porque ayudan a reducir el estrés.

7.1.2. Almacenamiento y secuestro de carbono

El almacenamiento de carbono de 1 930 individuos que se encuentran en el arbolado urbano fue de 3 905,11 Mg. En el estudio de Reynolds et al., (2017) se determinó que el almacenamiento de carbono en el arbolado urbano del Valle de Aburrá, Colombia fue de 103 820 Mg de CO₂, datos que son diferentes debido a que en el estudio se tomó en cuenta la

biomasa abajo del suelo y el área de estudio es más extensa. *Salix humboldtiana* (1 201,93 C/Mg) y *Schinus molle* (620,23 C/Mg) fueron las especies con la mayor acumulación de carbono en los árboles del sector sur de la ciudad de Loja. Esto se debe a que son las especies más abundantes con 1 197 y 468 individuos respectivamente y presentan los mayores diámetros. Cabe mencionar que son árboles adultos por lo tanto tienen mayor almacenamiento de carbono. En contraste, Farinango (2020) señala en su investigación que en el arbolado urbano de la cabecera cantonal de Otavalo se obtuvo una captura de carbono de 159,95 Mg de CO₂ en parques, calles y avenidas, en la cual *Cupressus macrocarpa* tuvo 36,55 Mg CO₂ y *Fraxinus excelsior* 23,86 Mg de CO₂ acumulado. En efecto, la acumulación de carbono en los árboles está influenciada por varios factores que afectan su potencial para almacenar carbono. Uno de los principales es la edad de los individuos ya que árboles más viejos tienden a tener troncos más grandes y biomasa más grande, lo que resulta en una mayor capacidad de almacenamiento de carbono. Además, los altos niveles de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera puede estimular la fotosíntesis y, por lo tanto, influir positivamente en la acumulación de carbono en los árboles.

7.1.3. Producción de Oxígeno

La producción de oxígeno está relacionada directamente con el almacenamiento de carbono en el sector sur de la ciudad de Loja la cual fue de 10 413,64 Mg O₂, siendo las especies que proveen mayor producción de oxígeno *Salix humboldtiana*, *Schinus molle* y *Fraxinus chinensis*. En un estudio realizado por Cortes y Matias (2019) el arbolado urbano del municipio de Villavicencio produjo 920,78 Mg de O₂ siendo *Ficus benjamina*, *Parkia pendula*, *Spondias mombin* y *Cedrela odorata* las especies que mayor oxígeno producían.

Además, la producción de oxígeno por cada árbol fue de 5,4 Mg O₂, valor que es menor al determinado por Martínez-Trinidad et al., (2021) en un estudio de diversidad y servicios ecosistémicos en cuatro parques de Texcoco de Mora, México, en el que se obtuvo 6 Mg de oxígeno por cada árbol. En la actualidad se puede evidenciar que la producción de oxígeno en las ciudades no solo es esencial para la salud humana, sino que también desempeña un papel crucial en la creación de entornos urbanos sostenibles y saludables. La promoción de espacios verdes y la conservación de los árboles en entornos urbanos son estrategias clave para garantizar la producción continua de oxígeno y mejorar la calidad de vida en las ciudades.

7.1.4. Recreación

Los habitantes del sector sur de la ciudad de Loja indicaron que los parques les generan una sensación de bienestar y salud debido a que existen gran variedad de especies con características agradables a la vista de los habitantes (copa frondosa, floración llamativa, etc), entre ellas se destacan *Salix humboldtiana*, *Fraxinus chinensis* y *Jacaranda mimosifolia*. En un estudio realizado por Chicaiza y Rodríguez (2020) en el parque ecológico “La Perla” situado en la ciudad de Lago Agrio manifestó que las especies *Guarea kunthiana*, *Miconia* sp. y *Nectandra guararipo* son las más abundantes y las personas que tienen mayores ingresos económicos visitan con mayor frecuencia el lugar porque les genera tranquilidad y paz.

Los árboles desempeñan un papel crucial en la generación de recreación en áreas verdes y parques urbanos. La presencia de árboles no solo mejora la calidad visual y estética, sino que también contribuye a la salud física y mental de quienes disfrutan de estos espacios de recreación. La planificación y conservación adecuadas de áreas verdes con árboles son esenciales para maximizar estos beneficios recreativos.

7.1.5. Calidad del aire

La calidad del aire en el sector sur de la ciudad de Loja se encuentra en una situación deficiente, ya que el arbolado urbano solo absorbe el 4,22 % de las emisiones de dióxido de carbono que genera la población. De acuerdo con un estudio realizado por Gualpa (2023) menciona que la absorción de carbono por parte de los espacios verdes, como parques o áreas con vegetación, solo cubre el 0,5 % de las emisiones de CO₂ producidas por la población. La principal causa para que esto suceda es el crecimiento indiscriminado del parque automotor, especialmente de vehículos particulares. El aumento en el número de vehículos, especialmente aquellos que utilizan combustibles fósiles, puede contribuir significativamente a la emisión de contaminantes atmosféricos que afectan la calidad del aire. Por tal motivo, la presencia de árboles en las ciudades desempeña un papel esencial en la mejora y mantenimiento de la calidad del aire, contribuyendo a la salud de los ecosistemas urbanos. Esto se realiza mediante diversos factores como: la fotosíntesis y producción de oxígeno, absorción de contaminantes, reducción de temperaturas, bienestar y salud mental, etc.

7.2. Percepción de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano por categorías

El 80,77 % de los entrevistados mencionaron que desconocen el concepto de servicios ecosistémicos, el porcentaje es cercano al determinado por Andrade et al., (2017) donde indicaron que el 70 % no había escuchado el término de servicios ecosistémicos. La percepción

social de los servicios ecosistémicos culturales fue el más predominante con 38,58 %, datos que es próximo a lo determinado por Díaz et al., (2022) en el que los servicios culturales fueron los más sobresalientes. Dentro de los servicios culturales tenemos el turismo en el que la belleza paisajística que fue la más nombrada por los entrevistados con un 7,91 %, esto se debe a que los turistas y la población en general disfrutan del paisaje que brindan las especies arbóreas presentes en los diferentes parques y avenidas de la ciudad. En este sentido, y tal como lo manifiesta Schwarz y Coronato, (2018) los paisajes más valorados en su estudio fueron los bosques con un 21,78 % porque les genera tranquilidad a los residentes y visitantes.

En el sector sur de la ciudad de Loja los entrevistados mencionaron que las áreas verdes son muy importantes, siendo la categoría de protección la que obtuvo el mayor porcentaje con 24,49 %. Mitjans (2012) menciona que el 48 % de las personas encuestadas consideran que los bosques ribereños urbanos y naturales son muy importantes para la protección y control del suelo. Además, los servicios de aprovisionamiento tuvieron un 22,89 % entre los que se destacan provisión de frutos para los animales, semillas y material vegetal para la producción de plántulas. El porcentaje es cercano al presentado por Villamagua Vergara (2017) donde el 50 % de los entrevistados indicaron que los servicios de aprovisionamiento fue el más predominante donde destacan provisión de materia prima y de alimentos.

Se identificaron seis factores que afectan los beneficios generados por los árboles en parques y avenidas urbanas, siendo la contaminación a causa de residuos, descuido, talas o podas y enfermedades las más destacadas, esto se debe principalmente por la mala gestión por partes de las autoridades y mala educación ambiental de la ciudadanía. Esto concuerda con lo expuesto por Molina-Prieto y Vargas-Gómez (2013) en el que menciona en su estudio que en los árboles urbanos existe un descuido y desconocimiento de las autoridades por tal motivo, se necesita una buena gestión. En su investigación Mendoza (2018) señala que las razones que contribuyen al deterioro de los árboles urbanos son de índole silvícola y de mantenimiento, como podas mal realizadas, lesiones y enfermedades. Estos factores desencadenan problemas de seguridad para los habitantes de la ciudad.

7.3. Valoración económica ambiental: disponibilidad a pagar y variables que influyen en la decisión de pago

La cantidad promedio para la disponibilidad a pagar para el programa de gestión y preservación de la vegetación urbana en la ciudad de Loja fue de 2,5 dólares al mes, dato que es cercano a una investigación realizada por Hartley Ballester y Hartley Ballester (2021) en

donde la relación entre los beneficios y costos fue de 2,2 dólares/mes, lo que significa que el parque genera ganancias económicas. En un estudio realizado por González et al., (2023) en el que se determinó mediante una valoración contingente cuánto la población está dispuesta a pagar para ingresar al parque histórico de Guayaquil lo que llevó a establecer el valor de disposición a pagar a \$2,3 por persona, generando así un ingreso anual de 6 973,613.8 dólares.

De acuerdo a los resultados obtenidos los habitantes del sector sur de la ciudad de Loja están dispuestos a pagar un monto mayor a 2,50 dólares/mes como voluntad máxima de pagó (WTP). Davies et al., (2023) muestra en su estudio que los habitantes de Southampton están dispuestos a pagar 17,80 libras/ hogar (22,41 dólares) al mes para implementar un programa de plantación de árboles urbanos. Las diferencias de resultados se deben a que los habitantes en los países desarrollados tienen mayor conciencia ambiental y las autoridades desean información acerca de los árboles urbanos para tener una mejor gestión de los mismos.

El 81,54 % de los encuestados si están de acuerdo en pagar para el financiamiento de un programa de manejo y conservación del arbolado urbano del sector sur de la ciudad de Loja. El porcentaje es cercano al realizado por Zegeye et al., (2023) donde el 87 % de las personas entrevistadas están dispuestos a pagar para la implementación de proyectos de manejo y conservación, esto se debe a que en la ciudad de Hawassa las áreas verdes urbanas son muy valoradas por sus habitantes.

El 86,15 % de las personas entrevistadas mencionaron que no conocen cuál es la intervención de la municipalidad de Loja en el manejo de los árboles de los parques y avenidas en el sector sur de la ciudad de Loja. Cabezas (2021) en un estudio realizado en la zona urbana del cantón Riobamba reporta que el 87 % de los encuestados indicaron la ausencia de participación en programas de manejo y conservación del arbolado urbano y destacaron la falta de un inventario de los espacios verdes, como parques y avenidas. Además, se identificaron algunas limitaciones que obstaculizan una gestión adecuada tales como: la falta de conciencia ambiental por parte de la ciudadanía, destrucción de las especies, mal uso de los espacios públicos.

El 95,77 % de los entrevistados indicaron que, si es importante mantener el cuidado de los árboles mediante podas y tratamiento de plagas y enfermedades por esta razón, las variables manejo y beneficios fueron estadísticamente significativas; es decir, tiene incidencia en las decisiones de los hogares para financiar programa de manejo y conservación del arbolado urbano en los parques y avenidas de la ciudad. González Osorio et al., (2022) muestra que la disponibilidad a pagar será mayor si los parques y áreas verdes de la ciudad están limpios,

conservados, seguros y de fácil acceso, sin embargo, el 75 % de los encuestados indicaron que es deber del Estado garantizar el mantenimiento de estas áreas.

Por último, entre más beneficios se obtenga de los árboles de las áreas verdes, la probabilidad de participar en un programa de manejo y conservación aumenta 3,36 veces. Buenaventura et al., (2015) indica que la probabilidad de pagar es mayor en los habitantes que usan estas áreas para actividades de recreación y si la ciudadanía se compromete con la protección y conservación de las áreas verdes.

8. Conclusiones

- El arbolado urbano del sector sur de la ciudad de Loja se destaca por su gran variedad de especies tanto exóticas como nativas, destacándose *Salix humboldtiana* y *Jacaranda mimosifolia* tanto por su abundancia, como por la provisión de servicios ecosistémicos.
- Los parques se constituyen en un elemento clave para el servicio ecosistémico de recreación en la ciudad de Loja, los cuales son representados por las especies *Salix humboldtiana* (sauce), *Fraxinus chinensis* (fresno) y *Jacaranda mimosifolia* (arabisco) que se caracterizan por tener una copa frondosa y gran altura, por esta razón, los habitantes les genera una sensación de bienestar. La planificación de las áreas verdes en el sector sur de la ciudad enfrenta un desafío en la calidad del aire debido ya que solo el 4,22 % de las emisiones de CO₂ es absorbido por los árboles.
- Con respecto a los servicios ecosistémicos de regulación, el arbolado contribuye con 3 905,11 Mg de carbono acumulado, producción de oxígeno por árbol de 5,4 Mg O₂ y calidad de aire negativa, lo que representa que la calidad del aire no es buena en el sector sur de la ciudad de Loja.
- La percepción social hacia los diferentes servicios ecosistémicos urbanos es variada, siendo las más predominante los servicios culturales y de soporte. La causa principal que afectan los beneficios que brindan las áreas verdes es la contaminación por basura, esto se debe principalmente por la falta de conciencia ambiental por parte de los habitantes.
- Los hogares cuyos ingresos superan los 711,93 dólares al mes están dispuestos a pagar 2,50 dólares /mes, es decir que mientras mayores sean los ingresos de los hogares mayor es su voluntad de pago. Cabe mencionar que, factores que influyen en la decisión de las personas para participar en el programa de manejo y conservación del arbolado urbano son manejo de áreas verdes y los beneficios que brindan los árboles de las áreas verdes.

9. Recomendaciones

- Es esencial que para la ejecución de este tipo de investigaciones se debe realizar una difusión del estudio con el objetivo de aumentar la participación de la ciudadanía. Además, al hacer que la información sea accesible y comprensible, se les empodera y motiva a involucrarse activamente en el tema. Cuando se trata de estudios relacionados con árboles urbanos, la difusión efectiva puede generar interés y conciencia sobre la importancia del tema.
- Incrementar los estudios sobre provisión de servicios ecosistémicos del arbolado urbano para comprender la importancia de ellos, y brindar herramientas a los tomadores de decisiones en cuanto a la gestión y conservación del arbolado urbano para una planificación urbana sostenible y promoción de entornos saludables en las ciudades.
- Fomentar la difusión y comprensión de este tipo de estudios para mejorar la apreciación y el cuidado de los árboles en entornos urbanos, puesto que el limitado conocimiento que posee la ciudadanía sobre estudios relacionados con los árboles urbanos, ha ocasionado la falta de conciencia ambiental y vandalismo hacia el arbolado urbano.
- Incentivar la conciencia ambiental en los ciudadanos y promover estrategias para un mejor control a las diferentes áreas verdes.

10. Bibliografía

- Amaya, C. (2005). El ecosistema urbano: Simbiosis espacial entre lo natural y lo artificial. *Revista Forestal Latinoamericana.*, 37, 1–16.
- Andersson, E., Mc Phearson, D., Krimer, T., Gómez, P., Haase, E., y Tuvendal, D. (2015). Escala y dependencia del contexto de las unidades proveedoras de servicios ecosistémicos. *Servicios Ecosistémicos*, 12, 157–164.
- Andrade C., H. J., Segura M, M. A., y Sierra R., E. (2017). Percepción local de los servicios ecosistémicos ofertados en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia. *Luna Azul*, 45, 42–58. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.45.4>
- Anguita, J. C., Labrador, J. R., Campos, J. D., Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J., y Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención primaria*, 31(8), 527-538.
- Avendaño, D., Cedeño, B., y Arroyo, M. (2020). Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial. *Revista Geográfica de América Central*, 65(2), 63–90. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rgac.65-2.3>
- Azqueta, D. (2007). Introducción a la Economía Ambiental (McGraw-Hill/Interamericana de España, Ed.).
- BancoMundial. (2008). *Private Housing Finance Markets Strengthening Project* [Archivo PDF]. <https://documents1.worldbank.org/curated/es/331421468045582732/pdf/458180PAD0P1121E0ONLY10R20081022311.pdf>
- Bautista Solís, P., Gutiérrez Montes, I., Aguilar, J., Cotto, E., Gómez, C., González, M., y Zambrano, M. (2012). Capitales de la comunidad y la conservación de los recursos naturales: el caso del Corredor Biológico Tenorio-Miravalles. CATIE, https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/611/Capitales_de_la_comunidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Bermúdez, J. (2022). *Evaluación de áreas verdes y arbolado urbano para determinar la superficie por habitante del cantón Sucre, Provincia de Manabí*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3694>
- Borderías, M., y Martín, E. (2011). Medio ambiente urbano. Universidad Nacional de Educación a distancia.
- Bocanegra, E., Custodio, E., Manzano, M., y Cardoso da Silva, G. (2016). Estado y factores de cambio de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento en humedales relacionados con aguas subterráneas en Iberoamérica y España.
- Bravo-Benavides, D., Jaramillo, R., y Encalada, D. (2019). Valoración económica del recurso hídrico de la microcuenca Quillusara en el cantón Celica-Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 12(1), 43-49.
- Briner, S, Elkin, C, Huber, R y Gret, A (2012). Evaluación de los impactos de los cambios económicos y climáticos en el uso del suelo en las regiones montañosas. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 50–63.
- Brown, I. (2017). Gestión de ciudades como ecosistemas urbanos: fundamentos y un marco para Los Ángeles, California. *Digital Commons*, 10(4), 1–30.
- Buenaventura, M., Gagliardi, N., y Romganoli, L. (2015). Determinantes de la disposición a pagar por una zona verde urbana: Un estudio de valoración contingente entre estudiantes universitarios. *Revista Internacional de Gestión, Conocimiento y Aprendizaje*, 4(1), 7–25.
- Cabezas, L. (2021). *Diseño de ordenanza municipal para el control y protección del arbolado urbano y áreas verdes en el cantón Riobamba, como estrategia de mitigación al cambio climático y desarrollo sostenible* [Tesis de maestría, Universidad Internacional SEK].
- Cartuche, K. (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja, UNL].

- Casanoves, F., Pla, L., y Di Rienzo, J. (2011). *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos* (Informe n°. 384). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8190/Valoracion_y_analisis_de_la_diversidad_funcional.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Cercas Pérez, J. F. (2021). *Servicios ecosistémicos y gobernanza del arbolado urbano en San José, Costa Rica* [Tesis de posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE].
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Pélissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G., y Vieilledent, G. (2015). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20, 3177-3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Chicaiza, K., y Rodríguez, F. (2020). Valoración económica de los servicios ambientales del parque ecológico recreacional la Perla. *GEOESPACIAL*, 17(1), 39–58.
- Cisneros, J. (2005). *Valoración económica de los beneficios de la protección del recurso hídrico y propuesta de un marco operativo para el pago por servicios ambientales en Copán Ruinas, Honduras* [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE].
- Condoy, E., y Minga, F. (2021). *Evaluación del potencial arbóreo para la retención de polvo atmosférico en la zona urbana de la ciudad de Cuenca* [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay].
- Cortes, J., y Matias, E. (2019). *Estimación de la capacidad potencial de fijación de CO₂ y producción de O₂, como servicio ecosistémico suministrado por el arbolado del parque los fundadores y la alameda de la avenida 40 en el municipio de Villavicencio* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás].

- Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., y Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go?. *Ecosystem Services*, 28, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
- Davies, H., Wu, H., y Schaafsma, M. (2023). Willingness-to-pay for urban ecosystem services provision under objective and subjective uncertainty. *Resource and Energy Economics*, 71, 101344. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2022.101344>
- Decología Info. (10 de abril del 2022). *Ecosistemas urbanos, su estructura, diferencias de diseños y ecología urbana*. <https://decologia.info/?s=Ecosistemas+urbanos%2C+su+estructura%2C+diferencia+s+de+dise%C3%B1os+y+ecolog%C3%ADa+urbana#top>
- Delgado, L., Rabassa, A., Trocones, A., y Orrantia, I. (2021). Diagnóstico del arbolado urbano en una sección de la ciudad de Sancti Spíritus. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 9(2), 285–301.
- Del Saz Salazar, S., y Suárez, C. (1998). El valor de uso recreativo de espacios naturales protegidos: aplicación del método de valoración contingente en el Parque Natural L'Albufera. *Economía Agraria*, 182, 239–272.
- Díaz, J., Landazábal, M., Morales, L., y Tovar, D. (2022). Percepción social de los servicios ecosistémicos de la vereda Barcelona, Villavicencio - Meta. *STUDIES IN ENVIRONMENTAL AND ANIMAL SCIENCES*, 3(2), 427–451. <https://doi.org/10.54020/seasv3n2-022>
- Ecuador en cifras. (8 de junio del 2021). *Geografía Estadística*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Geografia_Estadistica/Micrositio_geoportal/index.html
- Elizondo, C., Elizondo, N., Rodríguez, E., Pequeño Ledezma, M., Mora-Olivo, A., y Buendía-Rodríguez, E. (2018). Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(48), 252–270. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.129>

- Escobedo, F., y Chacalo, A. (2008). Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano de la ciudad de México. *Interciencia*, 33, 29–33.
- Farinango, J. (2020). *Estimación de la captura de carbono del arbolado urbano en la cabecera cantonal de Otavalo, provincia de Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte].
- Fuentes, W. (2016). *Estructura y composición florística del arbolado urbano e índice verde urbano en el cantón Quevedo* [Tesis de maestría, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Gómez, E., Gren, A., Barton, D., y Langemeyer, J. (2015). Servicios del ecosistema urbano. *Urbanización, Biodiversidad y Servicios de Los Ecosistemas: Retos y Oportunidades*, 175–251.
- González Osorio, B., Zambrano, E., Simba Ochoa, L., y Robalino Zambrano, J. (2022). Servicios ecosistémicos de espacios verdes urbanos y su contribución a la calidad del aire: un estudio de caso. *Centro Sur*, 4(3). <https://www.centrosureditorial.com/index.php/revista/article/view/263>
- González, R., Herrera, L., y Esparza, M. (2023). Valoración de conservar y expandir los parques y jardines públicos en la zona urbana de Aguascalientes. *Ciencia y Tecnología de América*, 48(8), 416–421.
- Grimm, N., Faith, S., Golubiewski, N., Redmon, C., Bai, X., y Briggs, J. (2013). El cambio global y la ecología de las ciudades. *Ciencia*, 756–760.
- Gualpa, L. (2023). *Análisis del secuestro de carbono en los espacios verdes del área urbana del cantón La Troncal* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador].
- Guamán, Y. (2022). *Sistema de conectividad de espacios verdes en el área urbana del cantón Yantzaza* [Tesis de pregrado, Universidad Internacional del Ecuador].
- Gujarati, D., y Porter, D. (2009). *Basic Econometrics*. McGraw-Hill
- Haab, T. C., y McConnell, K. E. (2002). *Valuing environmental and natural resources: the econometrics of non-market valuation*. Edward Elgar Publishing.

- Hartley Ballestero, M., y Hartley Ballestero, R. (2021). Valoración de los servicios ecosistémicos de recreación y turismo: un mecanismo para el desarrollo sustentable de la Reserva Forestal Grecia, Costa Rica. *Economía y Sociedad*, 26(59), 1–23. <https://doi.org/10.15359/eys.26-59.4>
- Hermida, M. A., Hermida, C., Cabrera, N., y Calle, C. (2015). La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad: El caso de Cuenca, Ecuador. *EURE (Santiago)*, 41(124), 25–44. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612015000400002>
- Hernández-Castán, J., Cuesta Mejía, E., Ortiz Espejel, B., y Rosano Reyes, E. (2022). Servicios ecosistémicos del arbolado urbano en la Laguna de San Baltazar, Puebla, mediante el uso del software i-Tree. *CIENCIA Ergo-Sum*, 30(2). <https://doi.org/10.30878/ces.v30n2a5>
- Hernández Santoyo, A., Casas Vilardell, M., León Sánchez, M. A., Caballero, R., y Pérez León, V. E. (2013). La ciencia económica y el medio Ambiente: un aporte desde la valoración económica ambiental. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, 3(125), 25–38.
- Jiménez, A., y Peralta, M. (2019). *Carbono secuestrado en los árboles de dos parques de la ciudad de Cuenca* [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay].
- Kiström, B., y Riera, P. (1997). El método de valoración contingente. Aplicaciones al medio rural español. *Revista Española de Economía Agraria*, 179, 133–165.
- Kuchelmeister, G. (2000). Árboles y silvicultura en el milenio urbano. *Unasylva*, 51(153), 49–55.
- López Huertas, M. (2019). Evaluación de los servicios ecosistémicos en la ciudad no planificada: El caso de Quetzaltenango. *REVISTARQUIS*, 9, 129–145. <https://doi.org/10.15517/ra.v9i1.40229>
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liqueste, C., y Berry, P. (2013). Mapeo y evaluación de ecosistemas y sus servicios. Luxemburgo: Oficina de publicaciones de la Unión Europea.

- Martinez-Trinidad, T., Hernández López, P., López-López, S. F., y Mohedano Caballero, L. (2021). Diversidad, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en cuatro parques de Texcoco mediante i-Tree Eco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(67). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.880>
- Mc Kinney, M. (2014). Efectos de la urbanización sobre la riqueza de especies: una revisión de plantas y animales. *Ecosistemas Urbanos*, 2(1), 161–176.
- Mejía, A., y Sánchez, J. (2021). *Estimación del Potencial de captura de carbono en la ciudadela universitaria Universidad de Guayaquil, en la ciudad de Guayaquil, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil].
- Mendoza, G. (2018). *Uso de Métodos no destructivos para determinar el riesgo de caída de árboles urbanos, en el Parque de las Leyendas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Meza Aguilar, M. del C., Velázquez Ramírez, L., y Larrucea Garriz, A. (2017). Recuperación de áreas verdes urbanas. La Importancia Del Diagnóstico fitosanitario para la intervención. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 1, 1–11.
- MEA. (2005). *Ecosystems and their services*. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.300.aspx.pdf>
- Miramontes, O., Lugo, L., Sosa, L., Escandón, J., De la Mora, G., Rueda, A., y Morski, I. (2017). Complejidad y urbanismo: del organismo a la ciudad.
- Mitjans, B. (2012). *Rehabilitación del bosque de ribera del río Cuyaguaje, en su curso medio. Estrategia participativa para su implementación* [Tesis de doctorado, Universidad Pinar del Río].
- Molina-Prieto, L., y Vargas-Gómez, O. (2013). Gestión estratégica de la arborización urbana: beneficios ecológicos, ambientales y económicos a nivel local y global (urban tree Planting management strategies: ecological, environmental and economic benefits at the global and local levels). *Revista Soluciones de Postgrado*, 5(9), 39–61.

- Montico, A., Zapperi, P., Zilio, M., y Gil, V. (2019). Identificación de servicios ecosistémicos urbanos en la ciudad de Bahía Blanca y su aplicación al análisis de la seguridad hídrica. *Revista Estudios Ambientales*, 7(1), 56–78.
- Municipio de Loja, UTPL, y GIZ. (2019). Laboratorio urbano de Loja 2019. Integrar la naturaleza.
- Navarro, M., Guillen, C., y Limache, L. (2020). Valoración económica del Área de Conservación Regional Vilacota Maure: Servicios ecosistémicos priorizados al extremo sur del Perú. *Ciencia y Desarrollo*, 77(27), 65–77.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022, April 10). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- Osorio, J., y Correa, F. (2009). Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente. *Semestre económico*, 12(25), 11-30.
- Pucha, D., Lozano, D., Jumbo, N., Fernández, P., Armijos, A., Macas, M., Gualán, R., y Merino, B. (2023). Caracterización florística y estructura del arbolado urbano de la ciudad de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 13(2), 1-22. <https://doi.org/10.54753/blc.v13i2.1886>
- Reynolds, C., Escobedo, F., Clerici, N., y Zea-Camaño, J. (2017). Does “Greening” of Neotropical Cities Considerably Mitigate Carbon Dioxide Emissions? The Case of Medellín, Colombia. *Sustainability*, 9(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su9050785>
- Ribadeneira, N. (2020). *Funciones ecosistémicas en Quito: bosques, quebradas y parques de la mancha urbana* [Tesis de maestría, FLACSO].
- Rojas Moncayo, M. V., Caraballo Núñez, M. A., Álvarez Hernández, O. H., y Vivanco Pinta, S. (2018). Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja, Ecuador. *CEDAMAZ*, 8(1), 23–29. Recuperado a partir de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/567>

- Ruskule, A., Vinogradovs, I., y Villoslada, M. (2018). *Guía sobre la introducción al marco de servicios de ecosistemas y su aplicación en la planificación integrada* [Tesis de pregrado, Universidad de Letonia].
- Salisbury, F., y Ross, C. (1978). *Plant physiology*. Wadsworth Pub. Co.
- Sarmiento, A. (2008). *Valoración económica de la calidad ambiental del lago de termas de río hondo mediante la aplicación del método de valoración contingente* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Santiago del Estero].
- Scheaffer, R., Mendenhall, W., y Otto, L. (1990). *Elementary survey sampling*. The Duxbury advanced series in statistics and decision sciences. PWS-KENT Publishing Company. Massachusetts. EU. 390 p. PWS-KENT Publishing Company.
- Schmitz, O. (2012). *Resolviendo la complejidad del ecosistema*.
- Schwarz, S., y Coronato, A. (2018). Valoración de recursos paisajísticos: estudio de percepción en Tierra del Fuego (Argentina). *APORTES Y TRANSFERENCIAS*, 16(2), 29–44.
- Segarra-Morales, G., Torres-Gutiérrez, M., y Gonzalez-Roldán, C. (2021). Sistema Verde Urbano de Loja como base estructurante de la ciudad. *Estoa*, 9(20), 51–64. <https://doi.org/10.18537/est.v010.n020.a05>
- Seroa da Motta, R. (1997). *Manual para valoración econômica de recursos ambientais*. In CEMA/IPEA, COBIO/MMA.
- Sorensen, M., y Barzetti, V. (2019). Manejo de las áreas verdes urbanas. *In Biofix*, 4.
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., y Williams, J. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas.
- Tomio, M., y Ullrich, D. R. (2015). Valoración económica ambiental en el turismo: Temas de debate. *Estudios y Perspectivas En Turismo*, 24(1), 172–187.
- Tovar, G. (2006). Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *Colombia Forestal*, 9(19), 187–205.

- ValuEs. (5 de diciembre del 2023). *Métodos para la integración de los servicios ecosistémicos en las políticas, la planificación y la práctica*. <http://www.aboutvalues.net/es/>
- Vasquez, V. (2018). *Composición florística de árboles y arbustos de diez parques urbanos de la ciudad de Guayaquil* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil].
- Vilela, J. (2004). Distribución del arbolado en la ciudad de Fuenlabrada y su contribución a la calidad del aire. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, XXXVI (140), 419–427.
- Villamagua Vergara, G. (2017). Percepción social de los servicios ecosistémicos en la microcuenca El Padmi, Ecuador. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 27, 102-114.
- Villarreal, S., y Huertas, K. (2016). *Caracterización, diagnóstico y manejo del arbolado, zonas verdes y jardines de las instalaciones de la coordinación escuela de impuestos y aduanas nacionales Dian* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Watkins, R., Palmer, J., y Kolokotroni, M. (2010). Incremento de la temperatura e intensificación de la ola de calor urbano: implicaciones para la comodidad humana y el diseño urbano. *Entorno Construido*, 33, 85–96.
- Zanne, A., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S., Miller, R., Swenson, N., Wiemann, M., y Chave, J. (2012). GlobalWoodDensityDatabase. <https://doi.org/10.5061/dryad.234>
- Zegeye, G., Erifo, S., Addis, G., y Gebre, G. G. (2023). Economic valuation of urban forest using contingent valuation method: The case of Hawassa city, Ethiopia. *Trees, Forests and People*, 12, 100398. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100398>

11. Anexos

Anexo 1. Entrevista empleada para el levantamiento de información.

ENCUESTA PARA DETERMINAR LA VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE GENERA EL ARBOLADO URBANO EN EL SUR DE LA CIUDAD DE LOJA



Nombre del entrevistador:		
Lugar, barrio, parroquia:		
Distancia estimada en relación al arbolado (catastro)		
Fecha:	Hora inicio:	Hora final:
SECCIÓN I: SOCIOECONÓMICA		
1. Me podría decir su nombre		
2. ¿Cuál es su rol en el hogar?		
3. ¿Cuál es su estado civil?	1. en unión libre () 2. casado (a) () 3. divorciado (a) () 4. separado (a) () 5. viudo (a) () 6. soltero (a) ()	
4. Sexo (no preguntar)	Femenino <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/>	
5. Fecha de nacimiento		
6. ¿Usted proviene de ciudad de Loja?	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿De dónde proviene?: _____	
7. La vivienda en la que usted vive es:	Propia: <input type="checkbox"/> Arrenda <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/>	
8. ¿Cuál es su nivel de educación?	Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Cuarto nivel <input type="checkbox"/> Otro: _____	
9. ¿Cuál es su ocupación o trabajo? Nota: Si es asalariado pasamos a la P9; Si no es asalariado pasamos a la P10	_____	
10. ¿En qué tipo de institución usted trabaja?	Público <input type="checkbox"/> Privado <input type="checkbox"/> Otro: _____	
11. ¿Cuántas personas conforman su hogar?	Cuántos hombres: _____ Cuántas mujeres: _____	
12. ¿Tiene miembros del hogar que dependan económicamente de usted?	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿Cuántos?: _____	
13. ¿Cuál es su ingreso mensual por hogar?		

<p>14. ¿Cuál es su gasto mensual por hogar?</p>	<p>Total: _____ Alimentación: _____ Educación: _____ Vivienda: _____ Salud: _____ Servicios básicos (agua, luz, teléfono): _____ Transporte: _____ Recreación: _____ Otros: _____</p>
<p>SECCIÓN II: PERCEPCIÓN SOCIAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL ARBOLADO URBANO EN EL SUR DE LA CIUDAD DE LOJA</p>	
<p>15. ¿Usted ha participado en programas de conservación y/o reforestación en la ciudad de Loja?</p>	<p>Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿Cuál?: _____</p>
<p>16. ¿Usted conoce cuál es la intervención de la municipalidad de Loja en el manejo de los árboles de los parques y avenidas en el sector que vive?</p>	<p>Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿Cuál?: _____</p>
<p>17. ¿Usted considera que es importante mantener el cuidado de los árboles mediante: podas, tratamiento de plagas y enfermedades en el sector que vive?</p>	<p>Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿Por qué?: _____</p>
<p>18. ¿De acuerdo a su criterio, como evalúa el manejo de las áreas verdes en el sector que vive por parte de la municipalidad?</p>	<p>Malo <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/></p>
<p>19. ¿Usted cree que los árboles de las áreas verdes del sector que vive prestan beneficios a las personas?</p>	<p>Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿Cuáles?: _____</p>
<p>20. ¿Usted, cree que la disminución de las áreas verdes en parques y avenidas afecta el bienestar de las personas del sector que vive</p>	<p>Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿Por qué?: _____ _____</p>
<p>21. ¿Usted, cree que invertir (dinero) en los espacios verdes incrementa el valor de los inmuebles o infraestructura en el sector que vive?</p>	<p>Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿Por qué?: _____</p>
<p>22. ¿Con qué frecuencia visita los parques en el sector que vive?</p>	<p>Diario <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Quincenal <input type="checkbox"/> Mensual <input type="checkbox"/> No los visita <input type="checkbox"/></p>
<p>23. ¿Cuáles considera que serían las ventajas y desventajas de invertir (dinero) en los espacios verdes en el sector que vive?</p>	<p>Ventajas: _____ _____ Desventajas: _____ _____</p>
<p>24. ¿Me podría indicar que entiende por servicios ecosistémicos?</p>	<p>_____ _____</p>

<p>25. ¿Cuáles considera son las causas principales que afectan los beneficios que generan los árboles de los parques y avenidas en las ciudades?</p>	<p>Tala, podas. Contaminación (basura) Mal cuidado Plagas (hormigas) Enfermedades (hongos) Inundaciones Otros: _____</p>	<table border="1"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>																				
<p>26. Califique la importancia de las áreas verdes en las categorías: ornato, recreación y protección, siendo 1 la calificación más baja y 3 la más alta.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Area verde</th> <th>Poco importante</th> <th>Importante</th> <th>Muy importante</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ornato (parques, plazas y avenidas)</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Recreación (parque lineal y recreativos)</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Protección (Riberas de los ríos)</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			Area verde	Poco importante	Importante	Muy importante	1	2	3	Ornato (parques, plazas y avenidas)				Recreación (parque lineal y recreativos)				Protección (Riberas de los ríos)			
Area verde	Poco importante	Importante	Muy importante																			
	1	2	3																			
Ornato (parques, plazas y avenidas)																						
Recreación (parque lineal y recreativos)																						
Protección (Riberas de los ríos)																						
<p>27. Percepción de la importancia de los árboles de los parques y avenidas en el sector que vive (sur de la ciudad de Loja) para generar servicios ecosistémicos. Por favor, en las siguientes tablas calificar del 1 (puntuación más baja) al 5 (puntuación más alta) según su criterio:</p>																						
<p>Servicios culturales</p>																						
<p>Pregunta: ¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para:</p>	<p>Valor</p>																					
	<p>Nada</p>	<p>Poco importante</p>	<p>Importante</p>	<p>Muy importante</p>	<p>Fundamental</p>																	
<p>¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para la belleza paisajística?</p>	1	2	3	4	5																	
<p>¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para la relajación y el descanso de familiares y visitas?</p>	1	2	3	4	5																	
<p>¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para mantener la convivencia y actividades de recreación familiar?</p>	1	2	3	4	5																	
<p>¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para compartir y transmitir conocimientos sobre las plantas y animales a los niños?</p>	1	2	3	4	5																	
<p>Servicios de soporte</p>																						
<p>¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para proporcionar hábitat a plantas y animales?</p>	1	2	3	4	5																	
<p>¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para mantener el ciclo del agua?</p>	1	2	3	4	5																	
<p>Servicios de regulación</p>																						
<p>¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para proporcionar una temperatura y humedad agradables en el sector en el que vive?</p>	1	2	3	4	5																	
<p>¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para proteger a los hogares de inundaciones, deslizamientos, erosión del suelo, infiltración de aguas lluvias y presencia de vientos fuertes?</p>	1	2	3	4	5																	

¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para mantener la cantidad y calidad del agua de los ríos?					
¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para mantener la salud de las personas?					
¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para la absorción de CO2?					
Servicios de provisión					
¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para proveer frutos para los animales?					
¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para proveer semillas y material vegetal para la producción de plántulas?					
¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para la producción de oxígeno?					
¿Qué tan importante son los árboles de los parques y avenidas para producir sombra?					

SECCIÓN III: VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL ARBOLADO URBANO EN EL SUR DE LA CIUDAD DE LOJA

En la actualidad los árboles de la ciudad de Loja no cuentan con el suficiente manejo y mantenimiento como podas, cuidados de plagas y enfermedades, debido a que los fondos actuales no son suficientes para financiar un programa de manejo y conservación del arbolado urbano en todos los parques y avenidas de la ciudad. El adecuado manejo y mantenimiento garantiza la permanencia de los árboles a largo plazo.

Por este motivo, el Municipio de Loja necesita recaudar fondos adicionales para poner en marcha un programa de manejo y conservación del arbolado urbano en la ciudad. El programa incluiría la contratación del personal y adquisición de herramientas y equipos para el cuidado de los árboles y el control de las plagas y enfermedades. También, incluiría campañas de educación ambiental a la ciudadanía lojana y fondos para financiar parcialmente investigación en temas ambientales. Esto aseguraría un mejoramiento en la belleza paisajística de los parques y avenidas, lo cual tendría un impacto positivo en su bienestar y de su comunidad.

Para ejecutar este programa sería necesario establecer una tarifa que permita financiar las actividades antes mencionadas. Esta tarifa podría ser incluida en el recibo de pago del servicio de agua; este sería un pago fijo mensual por hogar. Los fondos recaudados serán depositados en una cuenta bancaria de la municipalidad y serán transferidos al departamento ambiental, quien se encargará de ejecutar el programa. Se elaborarán informes financieros semestrales que estarán disponibles en la Municipalidad y serán publicados en la página web de dicha entidad.

**28. ¿Estaría usted a favor de un programa de manejo y conservación del arbolado urbano en la ciudad, si la tarifa cobrada para el financiamiento del programa fuera de _____ por mes?
Antes de que me responda, recuerde que este cobro puede volverse realidad en el futuro.**

Sí
 No

**Nota: Si la respuesta es SI pasamos a la 29;
Si la respuesta es NO pasamos a la 28**

29. Si su respuesta es NO ¿Nos podría decir por qué razón no pagaría para financiar el programa? (Pasar a la pregunta 31)

- Muy caro, no lo puedo pagar
- No creo que el dinero se utilice para el programa
- No deseo contestar
- Otro _____

30. ¿Cómo usted considera que se debería invertir estos recursos?

- Programas de conservación/ protección
- Programas de reforestación
- Programas de manejo
- Otros: _____

31. ¿Cuál considera usted que sería la forma más fácil de pago de esta tarifa?

- Instituciones bancarias
- Municipio
- Otros: _____

32. ¿Le gustaría agregar algún comentario sobre algún tema en particular?

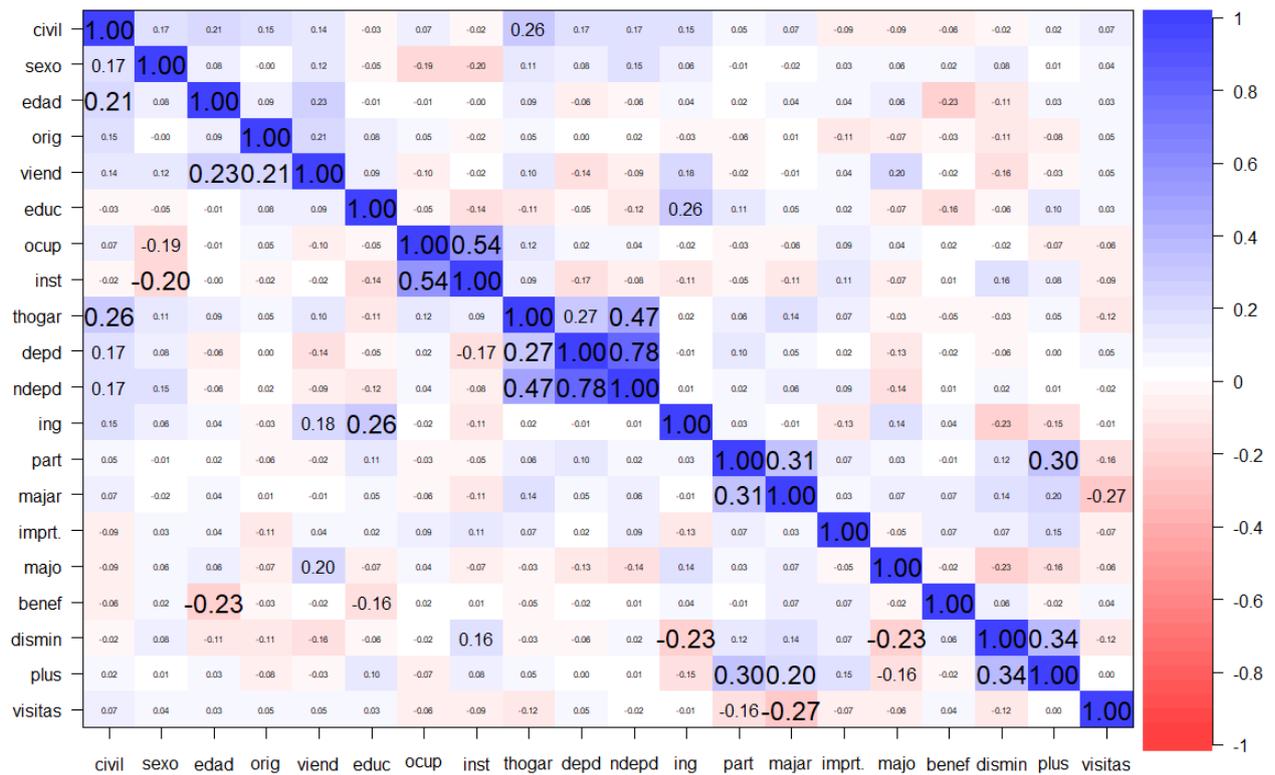
CIERRE DE LA ENTREVISTA

Queremos de nuevo agradecer por el tiempo y las atenciones brindadas, toda la información recopilada será de mucha ayuda para nuestra investigación.

OBSERVACIONES GENERALES

Muchas gracias.

Anexo 2. Análisis de correlación de las variables independientes



Orig= origen, **Viend**= tenencia de la vivienda, **Educ**= nivel de educación, **Ocup**= ocupación, **Inst**= institución de trabajo, **Thogar**= tamaño de hogar, **Depd**= dependencia económica, **Ndepd**= no dependencia económica, **Ing**= ingreso mensual del hogar, **Part**= participación, **Majar**= manejo del arbolado por parte del municipio, **Imprt**= importancia, **Majo**= calificación del manejo de las áreas verdes, **Benef**= beneficios, **Dismin**= disminución, **Plus**= plusvalía, **Visitas**= visitas.

Anexo 3. Listado completo de las especies forestales para el servicio potencial de provisión de hábitat y refugio en avenidas parques de la ciudad de Loja, Ecuador.

Parroquia	Área verde	Especie	N°	(Dc)	Pn	Clase	VHB (hábitat)
Punzara	Avenida	<i>Terminalia catappa</i> L.	4	3	3	7	100
		<i>Ficus benjamina</i> L.	9	3	3	7	93
		<i>Callistemon lanceolatus</i> Sweet	7	3	3	6	81
		<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	21	2	3	6	54
		<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	1	2	3	5	33
		<i>Fraxinus americana</i> L.	7	2	1	2	10
		<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	15	2	1	2	11
		<i>Alnus acuminata</i> Kunth	1	1	1	1	4
		<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	1	1	1	1	4
		<i>Muntingia calabura</i> L.	1	1	1	1	4
San Sebastián	Avenida	<i>Callistemon lanceolatus</i> Sweet	4	2	3	5	33
		<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	1	2	3	5	33
		<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	2	2	3	5	33
		<i>Pinus patula</i> Schiede ex. Schltld. & Cham.	2	2	3	5	33
		<i>Sambucus peruviana</i> Kunth	1	2	3	5	33
		<i>Cedrela odorata</i> Vell.	3	2	1	2	9
		<i>Heliocarpus americanus</i> L.	6	2	1	2	11
		<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Seigler & Ebinger	60	2	1	2	8
		<i>Alnus acuminata</i> Kunth	28	2	1	2	9
		<i>Erythrina edulis</i> Posada-Ar.	3	1	1	2	6
Punzara	Parque	<i>Acacia dealbata</i> A.Cunn.	2	2	3	5	33
		<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	33	2	3	5	33
		<i>Callistemon speciosus</i> DC.	25	2	3	5	33
		<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	3	2	3	5	33
		<i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb	3	2	3	5	33
		<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	41	2	1	3	11
		<i>Juglans neotropica</i> Diels	1	2	1	3	11
		<i>Morus alba</i> L.	2	2	1	3	11
		<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Seigler & Ebinger	101	2	1	3	11

		<i>Cedrela odorata</i> Vell.	9	2	1	3	10
		<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	1	2	3	5	33
		<i>Cupressus macrocarpa</i> (Vent.) A. Cunn.	1	2	3	5	33
		<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	2	2	3	5	33
		<i>Inga edulis</i> Mart.	1	2	3	5	33
San Sebastián	Parque	<i>Pinus patula</i> Schiede ex. Schltdl. & Cham.	1	2	3	5	33
		<i>Delostoma integrifolium</i> D.Don	1	2	1	3	11
		<i>Erythrina velutina</i> Willd	1	2	1	3	11
		<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	10	2	1	3	11
		<i>Juglans neotropica</i> Diels	1	2	1	3	11
		<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	40	2	1	3	11

Anexo 4. Listado completo de acumulación de carbono total (Mg) por especie del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.

Especie	AGB_Mg Biomasa	Carbono_C_Mg
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	2 557,29	1 201,93
<i>Schinus molle</i> L.	1 319,64	620,23
<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	720,43	338,60
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	674,86	317,18
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	538,23	252,97
<i>Eucalyptus</i> sp.	463,05	217,63
<i>Castilla elástica</i> Cerv.	368,05	172,98
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	333,88	156,92
<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Seigler & Ebinger	300,27	141,12
<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	210,86	99,10
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	161,69	76,00
<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	134,17	63,06
<i>Cupressus macrocarpa</i> (Vent.) A. Cunn.	88,82	41,75
<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	86,54	40,67
<i>Acacia dealbata</i> A.Cunn.	43,93	20,65
<i>Callistemon lanceolatus</i> Sweet	42,11	19,79
<i>Pinus patula</i> Schiede ex. Schltdl. & Cham.	38,25	17,98
<i>Ficus benjamina</i> L.	29,88	14,04
<i>Cedrela montana</i> Turcz.	21,07	9,90
<i>Fraxinus americana</i> L.	19,90	9,35
<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	19,67	9,25
<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	14,74	6,93
<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	14,07	6,61
<i>Callistemon speciosus</i> DC.	13,22	6,21
<i>Terminalia catappa</i> L.	8,68	4,08
<i>Juglans neotropica</i> Diels	8,33	3,91
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	7,18	3,38
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	6,72	3,16
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	6,60	3,10
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	6,47	3,04
<i>Erythrina edulis</i> Posada-Ar.	5,65	2,66
<i>Cedrela odorata</i> Vell.	5,50	2,58
<i>Prunus salicifolia</i> Kunth	3,68	1,73
<i>Prunus serótina</i> Poir.	3,56	1,67
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	3,20	1,50
<i>Senna canescens</i> Kunth	3,15	1,48
<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	3,09	1,45
<i>Styrax argenteus</i> C.Presl	2,98	1,40
<i>Inga edulis</i> Mart.	2,02	0,95
<i>Persea americana</i> Mill.	1,99	0,93
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	1,87	0,88
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	1,74	0,82

<i>Acacia retinodes</i> Schltld.	1,56	0,73
<i>Sambucus nigra</i> L.	1,47	0,69
<i>Tecoma stans</i> Griseb.	1,41	0,66
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	1,36	0,64
<i>Delostoma integrifolium</i> D.Don	1,10	0,52
<i>Solanum betaceum</i> Cav.	0,83	0,39
<i>Styrax subargentea</i>	0,62	0,29
<i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb.	0,54	0,25
<i>Morus alba</i> L.	0,48	0,23
<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	0,47	0,22
<i>Sapindus saponaria</i> L.	0,44	0,21
<i>Spathodea campanulata</i> Buch.Ham. ex DC.	0,41	0,19
<i>Muntingia calabura</i> L.	0,32	0,15
<i>Quercus ilex</i> Lour.	0,20	0,10
<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh	0,18	0,08
<i>Annona cherimola</i> Mill.	0,13	0,06
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	0,12	0,06
<i>Sambucus peruviana</i> Kunth	0,08	0,04

Anexo 5. Listado completo de acumulación de carbono total (Mg) por cada especie en avenidas de la ciudad de Loja, Ecuador.

Especie	AGB_Mg Biomasa	Carbono_C_Mg
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	1 840,95	865,25
<i>Schinus molle</i> L.	1 029,23	483,74
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	674,86	317,18
<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	550,85	258,90
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	491,78	231,14
<i>Eucalyptus</i> sp.	463,05	217,63
<i>Castilla elastica</i>	368,05	172,98
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	332,41	156,23
<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Seigler & Ebinger	159,38	74,91
<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	86,37	40,59
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	76,70	36,05
<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	56,06	26,35
<i>Acacia dealbata</i> A.Cunn.	40,54	19,06
<i>Ficus benjamina</i> L.	28,75	13,51
<i>Pinus patula</i> Schiede ex. Schltdl. & Cham.	28,55	13,42
<i>Cupressus macrocarpa</i> (Vent.) A. Cunn.	27,26	12,81
<i>Fraxinus americana</i> L.	19,90	9,35
<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	19,67	9,25
<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	9,92	4,66
<i>Terminalia catappa</i> L.	8,68	4,08
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	7,18	3,38
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	6,72	3,16
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	6,60	3,10
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	6,15	2,89
<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	4,90	2,30
<i>Callistemon lanceolatus</i> Sweet	4,21	1,98
<i>Prunus salicifolia</i> Kunth	3,68	1,73
<i>Prunus serotina</i>	3,56	1,67
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	3,20	1,50
<i>Styrax argenteus</i> C.Presl	2,98	1,40
<i>Cedrela odorata</i> Vell.	2,35	1,10
<i>Persea americana</i> Mill.	1,99	0,93
<i>Sambucus nigra</i> L.	1,47	0,69
<i>Cedrela montana</i> Turcz.	1,13	0,53
<i>Solanum betaceum</i> Cav.	0,83	0,39
<i>Erythrina edulis</i> Posada-Ar.	0,75	0,35
<i>Sapindus saponaria</i> L.	0,44	0,21
<i>Tecoma stans</i> Griseb	0,41	0,19
<i>Muntingia calabura</i> L.	0,32	0,15
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	0,29	0,14
<i>Quercus ilex</i> Lour.	0,20	0,10

<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh	0,18	0,08
<i>Annona cherimola</i> Mill.	0,13	0,06
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	0,12	0,06
<i>Senna canescens</i> Kunth	0,12	0,05
<i>Sambucus peruviana</i> Kunth	0,08	0,04

Anexo 6. Listado completo de acumulación de carbono total (Mg) por cada especie en parques de la ciudad de Loja, Ecuador.

Especie	AGB_Mg Biomasa	Carbono_C_Mg
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	716,34	336,68
<i>Schinus molle</i> L.	290,41	136,49
<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	210,86	99,10
<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	169,58	79,70
<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Seigler & Ebinger	140,89	66,22
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	84,99	39,95
<i>Cupressus macrocarpa</i> (Vent.) A. Cunn.	61,56	28,93
<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	47,81	22,47
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	46,45	21,83
<i>Callistemon lanceolatus</i> Sweet	37,91	17,82
<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	30,47	14,32
<i>Cedrela montana</i> Turcz.	19,93	9,37
<i>Callistemon speciosus</i> DC.	13,22	6,21
<i>Pinus patula</i> Schiede ex. Schltdl. & Cham.	9,70	4,56
<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	9,17	4,31
<i>Juglans neotropica</i> Diels	8,33	3,91
<i>Erythrina edulis</i> Posada-Ar.	4,91	2,31
<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	4,82	2,27
<i>Acacia dealbata</i> A.Cunn.	3,39	1,59
<i>Cedrela odorata</i> Vell.	3,15	1,48
<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	3,09	1,45
<i>Senna canescens</i> Kunth	3,03	1,43
<i>Inga edulis</i> Mart.	2,02	0,95
<i>Erythrina velutina</i> Willd	1,87	0,88
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	1,74	0,82
<i>Acacia retinodes</i> Schltdl.	1,56	0,73
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,47	0,69
<i>Ficus benamina</i> L.	1,13	0,53
<i>Delostoma integrifolium</i> D.Don	1,10	0,52
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	1,07	0,50
<i>Tecoma stans</i> Griseb	1,00	0,47
<i>Styrax subargentae</i>	0,62	0,29
<i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb	0,54	0,25
<i>Morus alba</i> L.	0,48	0,23
<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	0,47	0,22
<i>Spathodea campanulata</i> Buch.Ham. ex DC.	0,41	0,19
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	0,32	0,15

Anexo 7. Especies forestales con mayor abundancia en los parques de las parroquias del sector sur de la ciudad de Loja, Ecuador.

Nombre científico	N°
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	181
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	121
<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Seigler & Ebinger	103
<i>Callistemon lanceolatus</i> Sweet	90
<i>Schinus molle</i> L.	66
<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	51
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	51
<i>Cupressus macrocarpa</i> (Vent.) A. Cunn.	46
<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	38
<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	33
<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	28
<i>Callistemon speciosus</i> DC.	25
<i>Cedrela montana</i> Turcz.	24
<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	12
<i>Erythrina edulis</i> Posada-Ar.	10
<i>Cedrela odorata</i> Vell.	9
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	6
<i>Acacia retinodes</i> Schltld.	5
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	5
<i>Pinus patula</i> Schiede ex. Schltld. & Cham.	5
<i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb	3
<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	3
<i>Senna canescens</i> Kunth	3
<i>Acacia dealbata</i> A.Cunn.	2
<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	2
<i>Juglans neotropica</i> Diels	2
<i>Morus alba</i> L.	2
<i>Styrax subargentae</i>	2
<i>Tecoma stans</i> Griseb	2
<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	1
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1
<i>Delostoma integrifolium</i> D.Don	1
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	1
<i>Erythrina velutina</i> Willd	1
<i>Ficus benjamina</i> L.	1
<i>Inga edulis</i> Mart.	1
<i>Spathodea campanulata</i> Buch.Ham. ex DC.	1

Anexo 8. Evidencia fotográfica de las salidas de campo para el levantamiento de la información por medio de la aplicación de las entrevistas en el sector sur de la ciudad de Loja.



Anexo 9. Cálculo de la mediana de la voluntad de pago mediante análisis no paramétrico.

$$\frac{\bar{x} - 2,25}{2,75 - 2,25} = \frac{0,50 - 0,73}{0,86 - 0,73}$$

$$\frac{\bar{x} - 2,25}{0,50} = ,5050$$

$$\bar{x} = 1,40$$

Loja, 10 abril de 2024

Yanela Michelle López Jiménez.

LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, MENCIÓN IDIOMA INGLÉS

CERTIFICO

Que he realizado la traducción de español a inglés del resumen del trabajo de titulación denominado: **Identificación y valoración de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano en el sur de la ciudad de Loja** de autoría de la señorita **María Fernanda Macas Vera** con número de cedula **1104902844**, egresada de la **Carrera de Ingeniería Forestal** de la Universidad Nacional de Loja.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que considere conveniente.



Firmado electrónicamente por:
**YANELA MICHELLE
LOPEZ JIMENEZ**

Yanela Michelle López Jiménez.

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN. MENCIÓN IDIOMA INGLÉS

CÓDIGO SENESCYT: 1031-2016-1669756.