



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del
título de Ingeniero Forestal.

Título del Proyecto de Investigación:

“EVALUACIÓN DEL ARBOLADO URBANO CON EL USO DE IMÁGENES
AÉREAS EN DOS PARROQUIAS DE QUEVEDO”

Autor:

Arana Tovar Leonel Fabricio

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. For. Edwin Jiménez Romero MSc

Mocache - Los Ríos – Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Arana Tovar Leonel Fabricio**, declaro que la investigación aquí escrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Arana Tovar Leonel Fabricio
C.I. 120733719-5

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. For. **Edwin Jiménez Romero MSc**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Arana Tovar Leonel Fabricio**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Evaluación del arbolado urbano con el uso de imágenes aéreas en dos parroquias de Quevedo**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. For. Edwin Jiménez Romero, MSc.

Director del Proyecto de Investigación

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

CERTIFICACIÓN

El suscrito, Ing. For. Edwin Jiménez Romero, M.Sc. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de director del Proyecto de Investigación “Evaluación del arbolado urbano con el uso de imágenes aéreas en dos parroquias de Quevedo”, de autoría del estudiante **Arana Tovar Leonel Fabricio** de la carrera de Ingeniería Forestal.

CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 8%.



Document Information

Analyzed document	ARANA LEONEL.docx (D151321827)
Submitted	11/29/2022 2:17:00 AM
Submitted by	Edwin Jiménez
Submitter email	ejimenez@uteq.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	ejimenez.uteq@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / URKUND- ESTRUCTURA .docx Document URKUND- ESTRUCTURA .docx (D27163509) Submitted by: ejimenez@uteq.edu.ec Receiver: ejimenez.uteq@analysis.arkund.com		18
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / WF27ABRIL.doc Document WF27ABRIL.doc (D19520228) Submitted by: etorres@uteq.edu.ec Receiver: etorres.uteq@analysis.arkund.com		4
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / wilson fuentes urkund.doc Document wilson fuentes urkund.doc (D19149937) Submitted by: etorres@uteq.edu.ec Receiver: etorres.uteq@analysis.arkund.com		10
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / TESIS TERMINADA ARAUJO CEDENO ANA GABRIELA.docx Document TESIS TERMINADA ARAUJO CEDENO ANA GABRIELA.docx (D98535719) Submitted by: ejimenez@uteq.edu.ec Receiver: ejimenez.uteq@analysis.arkund.com		5
W	URL: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/188694/evaluacion-de-la-vegetacion-en-las-... Fetched: 11/29/2022 2:19:00 AM		2
SA	URKUND_TESIS_V1_20180105_MARCELO_ALVAREZ.docx Document URKUND_TESIS_V1_20180105_MARCELO_ALVAREZ.docx (D34547791)		1
SA	1527740613_124__Informe_de_ecologia_(Autoguardado).pdf Document 1527740613_124__Informe_de_ecologia_(Autoguardado).pdf (D40394639)		1

Ing. For. Edwin Jiménez Romero, M.Sc.
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**EVALUACIÓN DEL ARBOLADO URBANO CON EL USO DE IMÁGENES
AÉREAS EN DOS PARROQUIAS DE QUEVEDO**

Presentado a la comisión académica como requisito a la obtención del título de Ingeniero Forestal.

Aprobado por:

Dr. Carlos Belezaca Pinargote.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. For. Ivonne Jalca, M.Sc.

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Ing. For. Edison Solano, M.Sc.

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la sabiduría necesaria para culminar este proceso y haber superado cada dificultad que me hizo llegar a una meta más de mi vida profesional y personal. Por darme una familia maravillosa en la cual deposito confianza, vida y fuerzas.

A mi esposa Alexandra García quien ha sido pilar fundamental, quien a pesar de las circunstancias me ha motivado a seguir y no desfallecer y darme de su apoyo incondicional día a día.

Asimismo, a mi tutor de tesis, Ing. For. Edwin Jiménez Romero M, Sc. Agradezco infinitamente por compartir e impartir de su conocimiento, amabilidad y paciencia como director y como docente.

A mi Alma Mater “Universidad Técnica Estatal de Quevedo”, quien me brindó oportunidades, a la facultad Ciencias Agrarias y Forestales, a la carrera de Ingeniería Forestal y a los docentes por sus conocimientos y alimento intelectual durante estos años de estudio.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi familia, principalmente a papá (+) y a mamá, quienes a través de su ejemplo hicieron posible un logro más.

A mi esposa que me ha brindado su amor, apoyo y motivación en todo mi proceso académico. A mi hijo quien llegó a mi vida en el tiempo justo para darme alegría y empujarme hacia adelante.

Arana Tovar Leonel Fabricio

RESUMEN

La presente investigación tuvo como fin la evaluación del arbolado urbano con el uso de imágenes aéreas en dos parroquias de Quevedo, provincia de Los Ríos. El objetivo general fue realizar la evaluación del arbolado urbano con el uso de imágenes aéreas en las parroquias Siete de Octubre y El Guayacán, del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. Para la clasificación supervisada se establecieron clases de sitios de interés, de los cuales 98 fueron de entrenamiento y 206 de prueba para la parroquia siete de octubre y 108 de entrenamiento y 197 de prueba para la parroquia el guayacán. El uso de un clasificador de máxima probabilidad para la obtención de la separabilidad espectral entre clases en el cual la bondad de su clasificador fue de 1,93 – 2.0 estadísticamente generoso. Para dar realce a la separabilidad, se obtuvo matriz de confusión para cada imagen con un 83.15% de precisión general y un coeficiente de kappa de 0.77% de la imagen 1 de la siete de octubre. Un 77.29% de precisión general, 0.71% del coeficiente de kappa de la imagen 2 de la siete de octubre. Un 84.89% de precisión general y un 0.68% del coeficiente de kappa de la imagen 3 perteneciente a la parroquia el guayacán. Se registró 154 individuos por nombre científico y se utilizó un inventario. Para el análisis de diversidad se tomaron en cuenta parámetros de frecuencia, índices Shannon 0,893 para la parroquia guayacán y 0,892 para la parroquia siete de octubre, mostrando similitud en su índice y Simpson para guayacán 2,538 a diferencia de la siete de octubre que también fue similar entre parroquias. Su índice de diversidad es de 40 especies. Existe una superficie de 1084 ha donde se encontraron 105 individuos en la parroquia el guayacán y 49 en la parroquia siete de octubre, en cuanto a diámetro la parroquia el guayacán obtuvo un valor de 31,60 m, en la altura de 5,65 para siete de octubre y 5,32 para guayacán. El volumen más elevado fue de 55,94m³ de la parroquia el guayacán y 26,03 m³ de la siete de octubre. La densidad de árboles por hectárea es de 0,15 para el guayacán y 0,13 para siete de octubre. La frecuencia de la parroquia el guayacán fue alta para *Elaeis guinensis* Jacq con 9 individuos y *Adonidia merillii* Becc con 9. Finalmente, un análisis de parámetros cualitativos de la rectitud del fuste, estado fitosanitario y daño mecánico de las parroquias.

Palabras claves: Arbolado urbano, imágenes aéreas, clasificación supervisada.

ABSTRACT

The purpose of this research was the evaluation of urban trees with the use of aerial images in two parishes of Quevedo, province of The Rivers. The general objective was to evaluate urban trees using aerial images in the parishes of October seventh and The Guayacán, in the canton of Quevedo, province of The Rivers. For the supervised classification, classes of sites of interest were established, of which 98 were training sites and 206 test sites for the parish of October seventh and 108 training sites and 197 test sites for the parish of the Guayacán. The use of a maximum likelihood classifier for obtaining the spectral separability between classes in which the goodness of fit of its classifier was 1.93 - 2.0 statistically generous. To enhance separability, a confusion matrix was obtained for each image with 83.15% overall accuracy and a kappa coefficient of 0.77% for image 1 of the October seven image. A 77.29% overall accuracy, 0.71% of the kappa coefficient of image 2 of october seven. 84.89% of general precision and 0.68% of the kappa coefficient of image 3 belonging to the parish of El Guayacán. A total of 154 individuals were recorded by scientific name and an inventory was used. For the diversity analysis, frequency parameters were taken into account, Shannon indexes 0.893 for Guayacán parish and 0.892 for the parish of october seven, showing similarity in their index and Simpson for Guayacán 2.538, unlike october seven, which was also similar between parishes. Its diversity index is 40 species. There is an area of 1084 ha where 105 individuals were found in the Guayacán parish and 49 in the parish of october seven, in terms of diameter the Guayacán parish obtained a value of 31.60 m, in the height of 5.65 for october seven and 5.32 for Guayacán. The highest volume was 55.94 m³ for the guayacán parish and 26.03 m³ for october seven. The density of trees per hectare is 0.15 for guayacán and 0.13 for october seven. The frequency in the guayacán parish was high for *Elaeis guinensis* Jacq with 9 individuals and *Adonidia merillii* Becc with 9. Finally, an analysis of qualitative parameters of stem straightness, phytosanitary status and mechanical damage of the parishes

Keywords: Urban trees, aerial images, supervised classification.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Planteamiento Del Problema.....	3
Diagnóstico	3
Formulación Del Problema.....	4
Sistematización Del Problema	4
1.1. JUSTIFICACIÓN	5
1.2. OBJETIVOS	6
1.2.1. General.....	6
1.2.2. Específicos	6
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual	8
2.1.1. Arbolado Urbano	8
2.1.1.1. Biodiversidad Urbana	9
2.1.1.2. Inventario De Arbolado Urbano	10
2.1.2. Áreas Verdes.....	10
2.1.3. Evaluación Del Arbolado Urbano	11
2.1.4. Imagen Aérea.....	12
2.1.5. Ortomosaico.....	13
2.1.6. Uso de sistema aéreo no tripulado para obtención de imágenes aéreas.	13
2.1.7. Clasificación supervisada	13
2.1.7.1. Matriz de confusión	14
2.1.7.1.1. Error de comisión	14
2.1.7.1.2. Error de omisión	14

2.1.7.1.3. Coeficiente de Kappa.....	14
2.2. Marco referencial.....	15
2.2.1. Clasificación de especies de árboles en un entorno urbano heterogéneo utilizando análisis de conjuntos basados en objetos e imágenes de satélite World View2.....	15
2.2.2. Desarrollo de espacios verdes urbanos mediante análisis multicriterio basado en GIS en la metrópolis de Addis Abeba.....	15
2.2.3. Marco para el Monitoreo Espacial y Temporal de las Condiciones de la Vegetación y los Bosques Urbanos: Estudio de Caso Zagreb, Croacia.....	16
2.2.4. Estimación del contenido de clorofila en un bosque de coníferas de dosel abierto con Sentinel-2A e imágenes hiperespectrales en el contexto del declive forestal.....	16
2.2.5. La Influencia De La Configuración De Vuelo, La Calibración De La Cámara Y Los Puntos De Control En Tierra Para La Generación De Modelos De Terreno Digital Y Ortomosaicos Utilizando Imágenes De Vehículos Aéreos No Tripulados	17
2.2.6. Manual para evaluación de plantaciones forestales mediante el uso de RPAs en el ámbito del Bosque Modelo Río Huayabamba – Abiseo	17
2.2.7. Cuantificación de la respuesta fisiológica de las plantas al estrés hídrico con observaciones de alta frecuencia cerca de la superficie de la fluorescencia de la clorofila y la reflectividad fotoquímica.....	17
2.2.8. La vegetación en barrios de mar del Plata. Estudio a partir de imágenes satelitales.....	18
2.2.9. Evaluación de la salud del arbolado urbano a través de imágenes satelitales en Guadalajara, México	18
2.2.10. La lectura visual de la foto aérea. La interpretación de la foto aérea en los documentos técnicos sobre el territorio	19
CAPÍTULO III	20
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	20
METODOLOGÍA.....	21

3.1. Materiales y métodos	21
3.1.1. Localización de la zona de estudio	21
3.1.2. Límites	22
3.1.3. Características climatológicas y edafológicas del cantón Quevedo provincia de Los Ríos	22
3.1.4.1. Materiales de campo	22
3.1.4.2. Materiales de oficina	23
3.2. Tipo de investigación.....	23
3.3. Métodos de investigación	23
3.4. Fuentes de recopilación de información	24
3.5. Diseño de la investigación	24
3.6. Instrumentos de investigación	24
3.6.1. Imagen aérea.....	25
3.6.2. Clasificación supervisada	25
3.6.2.1. Elaboración de la Clasificación Supervisada en Envi 5.3	25
3.6.3. Arbolado Urbano	26
3.6.4. Evaluación de la estructura del arbolado urbano.....	26
3.6.4.1. Diámetro	26
3.6.4.2. Altura	27
3.6.4.3. Área basal	27
3.6.4.4. Densidad	27
3.6.4.5. Frecuencia absoluta (Fa).....	27
3.6.4.6. Índices de diversidad	28
3.6.4.6.1. Niveles de interpretación del índice de Shannon.....	28
3.6.4.6.2. Niveles de interpretación del índice de Simpson.....	29
3.7. Tratamiento de datos	29
3.8. Recursos humanos y materiales	29

CAPITULO IV	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Resultados.....	31
4.1.1. Matriz de confusión de la clasificación supervisada	31
4.1.1.1. Coberturas agrupadas	33
4.2. Estructura y caracterización dasométrica del arbolado urbano en dos parroquias del cantón Quevedo.....	34
4.2.1. Arbolado Urbano	34
4.2.2. Variables dasométricas	35
4.2.3. Densidad de árboles por hectárea	36
4.2.4. Frecuencia absoluta	37
4.2.5. Índice de diversidad de especies.....	39
4.2.6. Análisis de parámetros cualitativos rectitud del fuste, estado fitosanitario y daño mecánico presentes dentro del arbolado urbano de dos parroquias del cantón Quevedo	40
4.3. Discusión	44
CAPITULO V.....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1. Conclusiones.....	46
5.2. Recomendaciones	47
CAPÍTULO VI	48
BIBLIOGRAFIA	48
6.1. Bibliografía	49
CAPITULO VII.....	53
ANEXOS	53
A. Separabilidad del arbolado de la parroquia siete de octubre (pixel rojo) y área verde (pixel verde).	54

B. Vista aérea y separabilidad del arbolado privado de la parroquia el guayacán (pixel rojo) y área verde (pixel verde).....	55
C. Tocón de un árbol de <i>Terminalia catappa</i> L.	55
D. Daños antrópicos en un árbol de <i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv. (campano) en la parroquia el guayacán.....	56
E. Mala poda en un árbol de <i>Erythrina variegata</i> L, (daño mecánico).....	57
F. Pérdida de <i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc. Por la acción antrópica.....	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de confusión de la imagen 1	31
Tabla 2. Matriz de confusión de la imagen 2	32
Tabla 3. Matriz de confusión de la imagen 3	32
Tabla 4. Cobertura arbórea de la parroquia siete de octubre área pública y privada.....	33
Tabla 5. Cobertura arbórea de la parroquia el guayacán área pública y privada.....	33
Tabla 6. Superficie en la que incluye árboles	34
Tabla 7. Categorías para del arbolado urbano de las parroquias	35
Tabla 8. Variables dasométricas	35
Tabla 9. Densidad de árboles por hectárea de las parroquias urbanas.....	36
Tabla 10. Número de individuos e índices de las parroquias	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de frecuencia de la parroquia urbana el guayacán.....	37
Figura 2. Análisis de frecuencia de la parroquia urbana siete de octubre	38
Figura 3. Parámetro de inclinación de fuste para el arbolado urbano dentro de la parroquia siete de octubre	40
Figura 4. Parámetro del estado fitosanitario para el arbolado urbano dentro de la parroquia siete de octubre	40
Figura 5. Parámetro del daño mecánico para el arbolado urbano dentro de la parroquia siete de octubre	41
Figura 6. Parámetro de inclinación de fuste para el arbolado urbano dentro de la parroquia el guayacán.....	41
Figura 7. Parámetro del estado fitosanitario para el arbolado urbano dentro de la parroquia el guayacán.....	42
Figura 8. Parámetro del daño mecánico para el arbolado urbano dentro de la parroquia el guayacán.....	42

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Evaluación del arbolado urbano con el uso de imágenes aéreas en dos parroquias de Quevedo, provincia de Los Ríos.
Autor:	Arana Tovar Leonel Fabricio
Palabras claves:	Arbolado urbano imágenes aéreas Clasificación supervisada
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen:	<p>La presente tuvo como fin la evaluación del arbolado urbano con el uso de imágenes aéreas en dos parroquias de Quevedo, provincia de Los Ríos. El uso del clasificador de máxima probabilidad para obtención de la separabilidad espectral entre clases del cual la bondad de su clasificador fue de 1,93 – 2.0. Para dar realce a la separabilidad, se obtuvo matriz de confusión para cada imagen con un 83.15% de precisión general. Determinando una superficie de 326,58 ha de superficie privada y 14,02 ha de área pública ocupada por arbolado urbano y distribuido en parques recreacionales 9,46 ha, área verde 4,26 ha y parterres con 0,20 ha. Para el análisis de diversidad se tomaron en cuenta parámetros de frecuencia, índices Shannon 0,893 para la parroquia guayacán y 0,892 para la parroquia siete de octubre, mostrando similitud en su índice y Simpson para guayacán 2,538 a diferencia de la siete de octubre que también fue similar entre parroquias. Índice de diversidad de 40 especies. Existe una superficie de 1084 ha donde se encontraron 105 individuos en la parroquia el guayacán y 49 en la parroquia siete de octubre, en diámetro la parroquia el guayacán obtuvo un valor de 31,60 m, en altura de 5,65 para siete de octubre y 5,32 para guayacán. La frecuencia de la parroquia el guayacán fue alta para <i>Elaeis guinensis</i> Jacq con 9 individuos y <i>Adonidia merillii</i> Becc con 9. Finalmente, un análisis de parámetros cualitativos de la rectitud del fuste, estado fitosanitario y daño mecánico de las parroquias.</p>
Descripción:	
URL:	

INTRODUCCIÓN

La evaluación del arbolado urbano busca solucionar el problema del valor justo. Utilizado para una variedad de propósitos, de índole privada y pública, daño por clima o accidentes físicos, impactos ambientales, servicios ecológicos proporcionados o evaluaciones basadas en un inventario de bienes públicos (1).

El arbolado urbano y los espacios con vegetación, juegan un papel fundamental en el buen funcionamiento de la ciudad, en gran parte dependiendo de su salud y repercutiendo en la calidad de vida de los ciudadanos (2). Puesto que la dinámica de los espacios verdes opera de manera similar a otras ciudades del mundo, con la introducción de exitosas especies de árboles y la creación de parques o plazas, brindando importantes beneficios a los ciudadanos (3).

Algunos factores causantes de problemas con árboles son la reducción del suministro de agua debido al pavimento, las aceras y los desagües pluviales, hábitat reducido para el desarrollo de raíces y hojas, destrucción de partes aéreas y podas antitécnicas, corte de raíces por obras públicas. Aunque éste brinda diversos beneficios ambientales, estéticos, paisajísticos, recreativos, sociales y económicos, y son aprovechados de diversas formas por personas que valoran su presencia y los hacen parte integrante del paisaje urbano (4).

Hoy en día, la disponibilidad de varias fuentes de imágenes y diferentes técnicas de procesamiento permiten trabajar de manera más eficiente, con la ventaja de obtener información de un área grande en menos tiempo y con la mayor precisión posible (5).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la cobertura arbórea de dos parroquias urbanas del cantón Quevedo, específicamente, Siete de Octubre y El Guayacán, con el uso de ortomosaicos y describir el sistema arbóreo; representado por 1048 ha. El cual dará paso a la determinación de sus índices a través de las mismas y caracterización del estado de salud de los árboles según su especie y saber si el arbolado urbano cumple a cabalidad su rol ambiental.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

Actualmente las poblaciones de las ciudades desconocen los servicios ecosistémicos que ofrece el arbolado urbano. Puesto que la calidad del aire depende de la composición y la estructura de un arbolado ya que su gestión es embellecer y beneficiar de muchas maneras. El arbolado urbano proporciona beneficios a los ciudadanos; tanto ambientales como psicológicos (6).

Existe la tradicional evaluación que lleva a cabo el inventariado presencial del arbolado y éste genera un costo importante en términos de tiempo y necesidad de personal. Además de su lentitud; el método no brinda una cobertura completa tratándose de grandes y complejas áreas.

La evaluación del estado de salud de la vegetación en entornos urbanos a través de imágenes aéreas es compleja debido a la alta diversidad de especies en espacios reducidos y su fragmentación en cuanto a masa arbolada, y a la mezcla de diferentes tipos de coberturas. Pero su método facilita y evita la acción de campo y conlleva al uso de nueva tecnología para la estimación de variables forestales de un inventario y sobre todo su salud que va de la mano.

Diagnóstico

El desconocimiento del valor ecosistémico de las áreas verdes trae consigo mayor descuido del medio natural por parte de la población. La mala planificación urbana que no considera la inclusión de áreas verdes y arboladas en el crecimiento de la ciudad, genera un desarrollo urbano desordenado. Al mismo tiempo el arbolado urbano está bajo una presión continua debido a varios factores que afectan negativamente la salud del mismo.

Formulación del Problema

¿La evaluación del arbolado urbano de dos de las parroquias contribuirá en el bien de la ciudad de Quevedo y dará paso a futuras investigaciones?

Sistematización del Problema

¿La evaluación del arbolado urbano a través de imágenes aéreas tendrá suficiente efecto para seguir empleando tecnologías en el ámbito forestal?

¿La diversidad arbórea de cada una de las parroquias influirá en la compensación y beneficio que da el arbolado en cuanto a bienes y servicios de la ciudad?

¿El índice de cada una de las parroquias brinda positividad a problemas futuros en el arbolado urbano?

¿La caracterización de imágenes aéreas para la evaluación de salud del arbolado es necesaria?

1.1. JUSTIFICACIÓN

Los avances recientes en la tecnología de sensores remotos para la obtención de imágenes aéreas; han hecho posible estimar algunas características físicas de árboles a gran velocidad y sin la toma de datos de campo; distinguir especies de árboles y analizar su distribución en el espacio y el tiempo, lo que ha llevado a mejoras notables en la precisión de datos.

La evaluación debida en el arbolado urbano de las parroquias, permitirá establecer el desempeño de cada uno de los ciudadanos y el beneficio que reciben a causa del cuidado y preservación para quienes les proporcionan oxígeno, limpian el aire, ofrecen sombra y hábitat para la fauna. Y así mismo coopera con la belleza estética y urbanística de la ciudad y convirtiéndose en el escenario beneficioso y atractivo.

Siendo de beneficio para las parroquias y sus habitantes, será llevado conjuntamente el buen trato y el cuidado con el que debe de manejarse cada especie de cada parque, parterre o lugar en el que se encuentre un árbol, ya sea bien público o privado. A razón de que el urbanismo ayuda en la economía ambiental, el mejoramiento del paisaje siempre beneficiará con bienes y servicios para la ciudad y conlleva al crecimiento sostenible y mejorable en la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

- Realizar la evaluación del arbolado urbano con el uso de imágenes aéreas en las parroquias Siete de Octubre y El Guayacán, del cantón Quevedo.

1.2.2. Específicos

- Identificar los indicadores básicos respecto al número de árboles y su densidad en función al área pública y privada.
- Clasificar en categorías y clases el estado del arbolado de cada parroquia de estudio.
- Determinar la densidad de área verde pública y privada del área de estudio.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Arbolado urbano

El arbolado urbano se puede definir como todo el bosque ubicado dentro de los límites de un pueblo o ciudad, desde grandes áreas cubiertas de árboles y arbustos hasta árboles de calles individuales (7). Una estrategia eficaz para reducir la mortalidad relacionada con el calor es aumentar la cubierta arbórea (8).

Los servicios que brindan los árboles en las ciudades, no se consideran en el diseño de la infraestructura de la ciudad, lo que genera cambios en la cubierta arbórea de las carreteras y los edificios que conducen a un aumento de las temperaturas dentro de las ciudades. La creación y movilidad de las fábricas aumenta la contaminación del aire, al igual que la pérdida de las propiedades del suelo que ayudan a drenar el agua producida por las precipitaciones. Así es como los árboles pasan por el proceso de respiración la fotosíntesis elimina los contaminantes y la presencia y actividad de las raíces ayuda a mantener las propiedades del suelo (9).

El arbolado urbano mejora la calidad de vida de las comunidades y sus residentes. La mayoría de la gente prefiere vivir, jugar y trabajar en comunidades con bosques urbanos bien mantenidos. Los árboles sanos y los bosques urbanos contribuyen al valor total de la propiedad de las ciudades (10).

Estos son algunos de los beneficios que se obtiene (11):

- Reducción de temperatura
- Filtro de contaminantes urbanos
- Absorción de CO₂
- Amortización de ruido
- Aporte de alimento
- Contribución a la biodiversidad
- Salud física y mental

Para que en un bosque urbano cada árbol cumpla sus funciones, deben estar sanos, tener hojas de color verde brillante, sus troncos deben estar libre de daños mecánicos; no tener inclinaciones irregulares ni bifurcaciones. Un árbol sano no tiene una gran cantidad de insectos y siempre mantiene un bajo porcentaje de ramas secas (12).

La planificación del arbolado urbano en las ciudades se refiere a un enfoque de la gestión e integración de árboles, a través del cual pretende ver al arbolado como un proveedor de servicios y bienes. Apreciado y valorado como uno de los componentes más importantes, paisajísticamente. El desarrollo de ciudades y urbanidades crece exponencialmente, de la misma manera debe de crecer la demanda importancia de del sistema arbóreo y cubierta verde en las ciudades y parroquias (13).

2.1.1.1. Biodiversidad urbana

La biodiversidad en un sistema urbano, se muestra como indicador de calidad de vida del mismo, pues refiere una diversidad biológica referida a los hábitats que lo conforman y a los organismos vivos que forman parte del sistema arbóreo de la ciudad (14). Refiere a toda forma de vida existente entre nosotros y al sistema paisajístico adaptado a nuestras condiciones en la ciudad. Puesto que la mayor población existente es la asentada en las ciudades (15).

La desvinculación del ser humano con el entorno, hace que no se cuente con la interacción en la biodiversidad. Obligando al arbolado y los espacios verdes en la ciudad a ser solo productos de la obligación normativa donde subyace un “proceso urbanístico”. Pues el predominio de especies exóticas es perjudicial para el desarrollo de funciones como la regulación del clima, la formación del suelo, el control biológico, la provisión de hábitats para las especies y la provisión de alimentos para tales (16).

Las ciudades dependen de los bienes y servicios que brindan las áreas naturales y seminaturales dentro y fuera de la ciudad. Va de la mano de la buena implementación de estrategias de planificación que promuevan la conservación de la biodiversidad urbana, y es esencial para garantizar y asegurar la proviendencia de estos servicios y que así crezca el potencial que ofrece el arbolado urbano (17).

La biodiversidad urbana se clasifica, por su presencia y procedencia (14):

Cautiva: Son especies que se ubican en hábitats preurbanos, resultando la pérdida de las especies nativas.

Inducida: Especies alóctonas u aclimatadas por la instalación y actividad humana; altera el equilibrio del ecosistema y significativamente en la estructura y composición.

Nativa: Especie autóctona del sitio y su ecosistema.

2.1.1.2. Inventario de arbolado urbano

El monitoreo de la masa forestal en áreas urbanas es de gran importancia ya que nos puede ayudar a prevenir riesgos de accidentes ocasionados por el mismo arbolado, para rastrear y tomar mejores decisiones en el manejo de riesgos del arbolado urbano, es necesario aplicar herramientas que facilitan las evaluaciones y la toma de decisiones en los tratamientos de forestación y reducir el riesgo de accidentes (18).

2.1.2. Áreas verdes

Las áreas verdes son espacios urbanos esenciales para la convivencia, deporte, socializar, y recrearse. Compuesto por vegetación que involucra árboles, arbustos e incluye plantas y otros elementos que complementan. Contribuyen a varios servicios de los ecosistemas: protección de acuíferos, la reducción de la temperatura, escorrentía, la retención de contaminantes y la mejora de la apariencia visual de los paisajes (19).

2.1.2.1. Beneficios de preservar áreas verdes

Existen diversos beneficios ambientales que traen los espacios verdes, y subyacen en el beneficio físico, social y económico (20). De manera invisible mejora estos tres aspectos en los residentes, pues la OMS para cambiar la calidad de vida en las ciudades, recomienda un mínimo de 9 m² de espacio verde correspondiente a cada habitante a su respectivo cuidado. A fin de preservar la perdurabilidad y equilibrar la calidad de vida de los habitantes del sector urbano (21).

El área verde tiene la capacidad de evitar fluctuaciones en la temperatura. En otras palabras, el arbolado y arbustos dentro de las áreas verdes ayudan a que la temperatura no eleve y que se mantenga un microclima agradable (22).

El buen manejo puede generar crecimiento en los beneficios a recibir. Sin embargo, el manejo inapropiado reduce beneficios e incrementa costos. Existen beneficios que pueden ser realizados en cada ciudad y así mismo otros que ameritan estudio y casos en particular; datan de años (23).

2.1.3. Evaluación del arbolado urbano

La principal debilidad es la falta de recursos, y en términos de experiencia, ya que se dispone de recursos humanos adecuados para la planificación para la respectiva evaluación. Pues las herramientas de planificación deben incorporar el inventario, las especies, la plantación, el mantenimiento, la tala y toda la atención que deben recibir los árboles (24).

En una investigación el análisis del suelo resultó con alto potencial micorrícico y significativamente alto en número de esporas en comparación con otros estudios. Observó predominancia en la micorrización del suelo del área de estudio que estaban compuestos en los alcorques. Debido a la cantidad de árboles y la diversidad que en este se encuentra. Puesto que trae beneficios en particular y a su vez ayuda a preservar la flora arvense (22).

La irregularidad detectada en un sistema arbóreo anuncia la necesidad de mejoras y planeamientos en la gestión del mismo; para que este pueda cumplir su función y satisfacer las necesidades, en cuanto a aire puro (25).

El estado del arbolado urbano necesita diagnósticos que potencien y mantengan las funciones ecosistémicas que estos ofrecen; dependiendo siempre de las buenas prácticas silviculturales urbanas entre las cuales se destaca la selección adecuada de la especie, distancias, mantenimiento, control del estado fitosanitario del o de los individuos mediante métodos de evaluación visual de riesgos; evitando así la propagación de plagas y enfermedades, a fin de mejorar la vida de los árboles y el bienestar de la ciudadanía (26).

2.1.4. Imagen aérea

La imagen aérea es un caso específico de teledetección que utiliza plataformas de baja altitud (27). Las fotografías aéreas están destinadas a proporcionar, de una manera sencilla, ciertas informaciones de objetos considerados aisladamente o pertenecientes a determinados conjuntos, como es la superficie topográfica (28).

Existen ventajas en su utilización: la anulación de problemas de retardos, la eliminación de oclusión por nubosidades, la disponibilidad de capturas en fechas determinadas de años. La altura alcanzada en los vuelos para la obtención de la imagen, logra una altísima resolución, incluso en centímetros por píxel. Además, la integración de sensores de posicionamiento global en estos equipos facilita la georreferencia de las capturas (29).

2.1.4.1. Clasificación de la imagen aérea

Las imágenes aéreas son clasificadas en las longitudes de onda que captan (30):

- Pancromáticas
- Color
- Infrarrojas blanco y negro
- Infrarrojas color (falso color).

2.1.5. Ortomosaico

En él se ordenan las imágenes en el espacio conforme a como las localiza el UAV en la captura mediante el GPS que lleva a bordo. En ella se buscan los puntos radiométricamente a la vez que geoméricamente y lograr entrelazarse entre sí. Las imágenes tomadas en el campo por medio de UAV almacenadas digitalmente, luego es procesada y rectificadas posteriormente, luego se genera una imagen en formato TIF, llamada ortomosaico y obtenida por la UAV (30).

2.1.6. Uso de sistema aéreo no tripulado para obtención de imágenes aéreas

Pueden recopilar datos que ayudan en la referencia y evaluación de la precisión de mapas temáticos de manera eficiente y eficaz. Pues los hardware, software y las estrategias de implementación de UAS evolucionan de manera veloz, y el potencial para recopilar datos e información de referencia se vuelve cada vez más preciso (31).

El uso de imágenes aéreas no puede capturar la estructura del suelo bajo la copa de los árboles, pero se utiliza con gran éxito para documentar la cobertura de la copa de los árboles. Puesto que los datos que ofrece la imagen admiten modelos de altura del dosel que se pueden usar para la estimación de la biomasa, la variación de la altura del dosel o el conteo de árboles y la detección de copas (32).

2.1.7. Clasificación supervisada

Es el proceso de encontrar funciones mediante el análisis de las propiedades de un conjunto de datos que se sabe que pertenece a la clase que se está creando. La clasificación supervisada requiere un conocimiento previo del terreno y los tipos de cobertura a través de una combinación de trabajo de campo y análisis de fotografías aéreas. Las áreas de entrenamiento y pilotos están definidas y delimitadas en la imagen. Las características espectrales de estas regiones se utilizan para "entrenar" un algoritmo de clasificación que calcula parámetros estadísticos para cada banda en cada sitio, luego evalúa las imágenes, las compara y las asigna a las categorías correspondientes (33).

2.1.7.1. Matriz de confusión

A través de ella se evalúa la exactitud de la clasificación supervisada. Es decir, a través de muestras de píxeles se extrae las clases y se logra contemplar las definiciones de cada una. Al reconocer patrones en imágenes, se puede entrenar el programa con el que se va a realizar para que reconozca píxeles con características similares. Si la clasificación es correcta, la clase generada corresponde entonces al patrón reconocido inicialmente por el usuario (34).

La característica más destacada de esta matriz es:

- Esta matriz presenta una visión general de las clases, así como de las clasificaciones correctas y de sus migraciones o fugas entre una clase y otra. Y se agrupa en errores de omisión y de comisión (34).

2.1.7.1.1. Error de comisión

Píxeles que no pertenecen a una clase aparecen en ella (34).

2.1.7.1.2. Error de omisión

Píxeles que pertenecen a esa clase no aparecen en la misma por estar incluidos en otra (34).

2.1.7.1.3. Coeficiente de Kappa

Para la valoración y la exactitud del coeficiente de Kappa los promedios son (35):

Coeficiente de Kappa	Fuerza de la concordancia
0,00	Pobre
0,01 – 0,20	Leve
0,21 – 0,40	Aceptable
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Considerable
0,81 – 1,00	Casi perfecta

2.2. Marco referencial

2.2.1. Clasificación de especies de árboles en un entorno urbano heterogéneo utilizando análisis de conjuntos basados en objetos e imágenes de satélite World View2

En este trabajo mencionan que “el arbolado urbano filtra los contaminantes gaseosos y las partículas, reducen la contaminación del suelo, proporcionan un hábitat para las especies animales y mitigan las consecuencias asociadas a las islas de calor importante para los planificadores urbanos en la gestión de arbolado urbanos” (36).

En sus resultados se demuestra que las bandas del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), NIR 1 y NIR 2 son una gran importancia en la clasificación por clases en cada cobertura. Su clasificador dio una precisión general del 91,9 % a diferencia del 87,3 % de SVM (36).

2.2.2. Desarrollo de espacios verdes urbanos mediante análisis multicriterio basado en GIS en la metrópolis de Addis Abeba

En muchas ciudades la tasa de cobertura de espacios verdes urbanos no es suficiente para satisfacer las necesidades de las personas debido a la presión demográfica, la expansión de las industrias y la construcción en proceso de urbanización (37).

En este artículo y su análisis se menciona que la idoneidad de la tierra se ha vuelto crucial para identificar los recursos de la tierra aptos para usos en específico y a la necesidad de cada investigador. Puesto que, debido a las dinámicas tendencias de crecimiento urbano, los administradores y planificadores de la ciudad enfrentan dificultades para proporcionar instalaciones como la utilización de espacios verdes. De tal manera que el propósito es la evaluación de los sitios adecuados para espacios verdes urbanos con el uso de análisis multicriterio del sistema de información geográfico (37).

2.2.3. Marco para el monitoreo espacial y temporal de las condiciones de la vegetación y los bosques urbanos: estudio de caso Zagreb, Croacia

En este artículo los autores manifiestan que “la evaluación terrestre de la salud de los bosques requiere mucho tiempo. La teledetección por satélite permite el monitoreo y la evaluación continua de las condiciones de la vegetación a bajo costo y en poco tiempo en grandes extensiones”. También aseguran que las tecnologías contribuyen en el mapeo rápido de los indicadores del estado de salud de la vegetación a evaluarse, de la cual se puede concluir sobre las condiciones en que se encuentra la vegetación o arbolado urbano en áreas extensas y diversas. Se calculó los índices de vegetación (NDVI, RVI y GRVI) (38).

2.2.4. Estimación del contenido de clorofila en un bosque de coníferas de dosel abierto con Sentinel-2A e imágenes hiperespectrales en el contexto del declive forestal

Las cantidades de pigmentos reflejan el nivel de daño, y a medida que éste aumenta la cantidad de clorofila disminuye. Y que es posible generar mapas de contenido de clorofila a gran escala con una resolución espacial y temporal sin precedentes, adecuados para monitorear procesos ambientales como el estrés y/o el agotamiento de los organismos (39).

La evaluación espectral se realizó en los conjuntos de datos de imágenes de mosaico y Sentinel-2A utilizando 61 sitios de validación. La composición de todo el sitio y el área de estudio varió según el tiempo de estudio, incluida la cubierta de dosel, la cubierta vegetal del sotobosque, la cubierta de suelo desnudo y la cubierta de sombra (39).

Con este método de clasificación se pudo extraer el porcentaje de cobertura y los perfiles espectrales de todo lo que compone la imagen. Por lo general, estas imágenes se utilizan para extraer espectros individuales del dosel, el sotobosque, el sotobosque sombreado y el suelo iluminado pertenecientes a los píxeles de Sentinel-2 ubicados sobre cada uno de los 61 sitios (39).

2.2.5. La influencia de la configuración de vuelo, la calibración de la cámara y los puntos de control en tierra para la generación de modelos de terreno digital y ortomosaicos utilizando imágenes de vehículos aéreos no tripulados

Las mejoras tecnológicas en sensores y el uso de algoritmos de visión artificial han permitido generar productos cartográficos de alta precisión a partir de datos adquiridos por vehículos aéreos no tripulados (40).

2.2.6. Manual para evaluación de plantaciones forestales mediante el uso de RPAs en el ámbito del bosque modelo río Huayabamba – Abiseo

El uso de UAV constituye una herramienta de alta proyección que brinda facilidades al trabajo forestal en la obtención de imágenes de alta resolución, haciendo posible la evaluación y monitoreo del recurso forestal con fines de investigación y manejo forestal. Generan información de alta precisión en la gestión de los recursos naturales y forestales y complementan el inventario forestal (41).

2.2.7. Cuantificación de la respuesta fisiológica de las plantas al estrés hídrico con observaciones de alta frecuencia cerca de la superficie de la fluorescencia de la clorofila y la reflectividad fotoquímica.

La escasez de mapas de cobertura arbórea es un desafío. La infraestructura verde urbana, y especialmente los árboles. Sin embargo, el costo de monitorear y evaluar los espacios verdes presenta desafíos logísticos y presupuestarios (42).

2.2.8. La vegetación en barrios de mar del Plata. Estudio a partir de imágenes satelitales

La vegetación urbana ofrece muchos beneficios que pueden mejorar la calidad del medio ambiente y las condiciones de vida de las poblaciones residentes, pero poca información obtenida de las imágenes satelitales se traduce a una escala útil (43).

Se determina la cobertura total del arbolado para la ciudad y luego se establece un valor de vegetación para cada barrio de la localidad a partir del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) con un promedio de 0,179 en toda la localidad (43).

La clasificación mostró que la cobertura arbórea alcanzó el 14,90% del área total con un error de muestreo de +/-1,58 y un área total de 14,90%. Por tanto, el 85,10% corresponde a la superficie no forestal. El mapa en formato Raster muestra un NDVI más bajo en las zonas urbanizadas y más alto en las zonas rurales. Una zona donde abundan los cultivos y pastos. El índice registró un valor máximo de 0,487 (43).

2.2.9. Evaluación de la salud del arbolado urbano a través de imágenes satelitales en Guadalajara, México

En este sentido, es necesario desarrollar métodos que sean fáciles de replicar y económicos. Pues evaluar el estado de salud del arbolado a través de imágenes, de manera particular, y establecer las bases para el desarrollo de métodos basados en sensores remotos es costosa pero menos tediosa (44).

El índice de vegetación se implementa y define como una combinación de reflectancias de superficies en dos o más longitudes de onda diseñadas para resaltar características específicas de la vegetación. Cada índice se calculó utilizando las herramientas del programa Idrisi versión 18.21 (44).

Se hizo una clasificación de la salud del arbolado en las imágenes; clasificando las especies principales, se separó las coberturas de no vegetación y de vegetación de porte bajo, pasto y arbustos. Se hizo un enmascaramiento múltiple, consistiendo en la clasificación y eliminación de coberturas que no son de interés (44).

Para terminar, se hizo la evaluación de la salud del arbolado bajo tres criterios: a) sin diferenciación de especies, b) por especie, y c) por tipo de follaje. Los cuales se compararon para identificar el de mayor exactitud (44).

2.2.10. La lectura visual de la foto aérea. La interpretación de la foto aérea en los documentos técnicos sobre el territorio

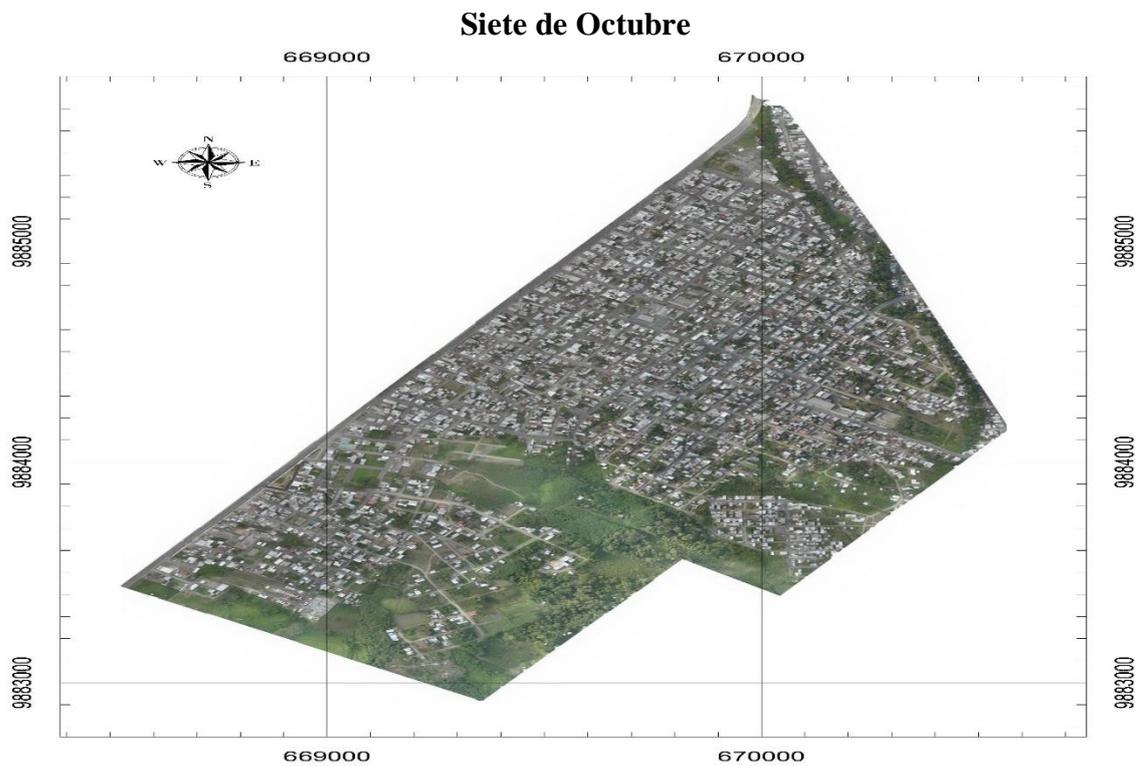
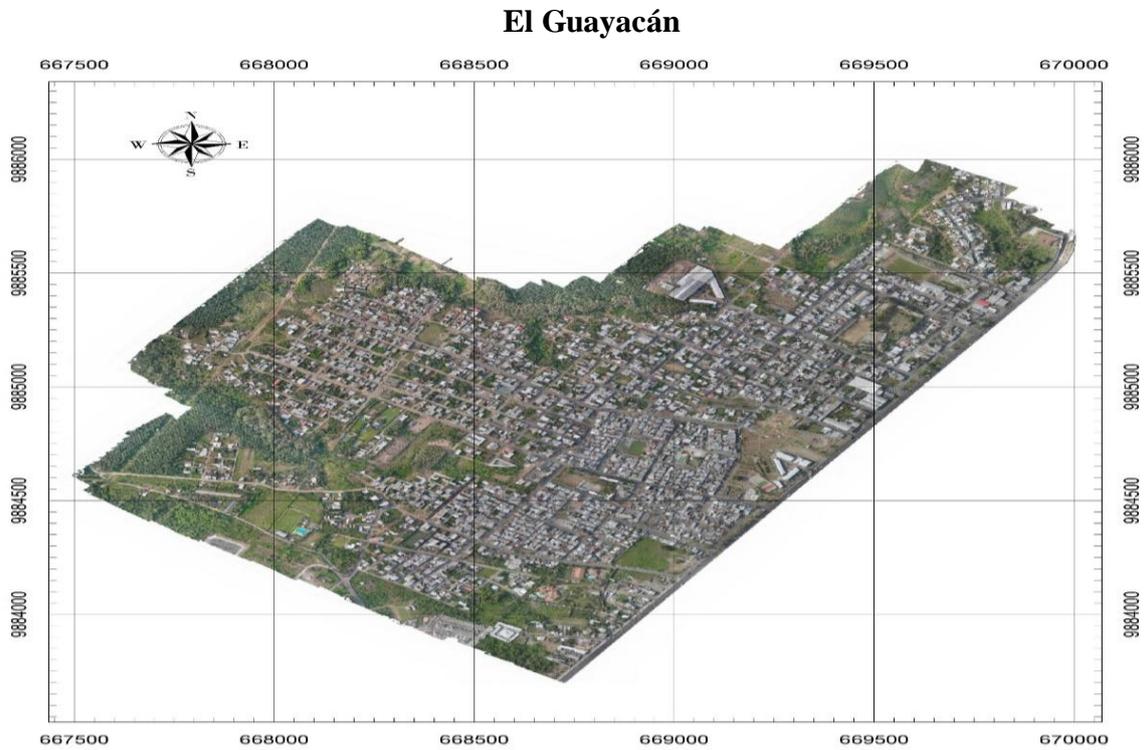
La imagen aérea ofrece una interpretación más exacta de lo que ve el ojo humano, en términos de respuesta a la longitud de onda, resolución, perspectiva, visión estereoscópica, valores tonales y de colores; que ofrecen sus bandas. Las imágenes aéreas en los datos, probablemente resultan ser la percepción remota de los cuales el planificador siente confianza en su realización y la obtención de excelentes y óptimos resultados (45).

CAPÍTULO III
MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

METODOLOGÍA

3.1. Materiales y métodos

3.1.1. Localización de la zona de estudio



La presente investigación se desarrolló en dos parroquias urbanas del cantón Quevedo, específicamente en El Guayacán y Siete de octubre, pertenecientes a la provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica está dada entre las coordenadas de latitud 1°2'30'' y longitud 79°28'30'' con un clima promedio de 24 °C (46).

3.1.2. Límites

El cantón Quevedo se encuentra situado en la provincia de Los Ríos entre los siguientes límites (20):

Norte: cantones Buena Fe y Valencia.

Sur: cantón Mocache.

Este: cantones Ventanas y Quinsaloma.

Oeste: cantón El Empalme.

3.1.3. Características climatológicas y edafológicas del cantón Quevedo provincia de Los Ríos

La zona de estudio presenta los siguientes parámetros edafoclimáticos:	
Precipitación media anual	2223.85 mm
Humedad relativa media anual	85,84 (%)
Heliofanía media anual	898.66 hora/luz/año
Topografía	Irregular
Tipo de suelo	Franco limoso

Fuente: Tesis de pregrado (20).

3.1.4. Materiales

3.1.4.1. Materiales de campo

- Smartphone
- GPS
- GPS SinoGNSS T300 y T300 Plus Base Rover
- Cinta diamétrica
- Hojas de campo
- Esferográficos
- Spray

3.1.4.2. Materiales de oficina

- Lápiz
- Hojas A4
- Carpetas
- Ordenador
- Impresora
- Imágenes Aéreas
- Libros
- Artículos
- Pendrive
- AutoCAD Map 3D
- Global Mapper
- Envi 5.3
- SPSS Statistics 20.0
- Diversity IN PAST

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación se efectuó de carácter exploratorio y procedimental, pues se llevó a cabo una evaluación del arbolado urbano de dos parroquias en la ciudad de Quevedo. El método permite que la investigación sirva de base para ser aplicada en nuevas investigaciones a futuro y a bien de los ciudadanos de cada parroquia y por ende de Quevedo.

3.3. Métodos de investigación

Se utilizó el análisis del método cuantitativo y cualitativo para la clasificación del arbolado urbano; y se usó un clasificador de máxima probabilidad (Maximum likelihood).

3.4. Fuentes de recopilación de información

Fuente primaria: se usó un sondeo y observación directa para la obtención de datos cualitativos.

Fuente secundaria: se usó artículos, libros, documentos científicos, revistas, memorias, periódicos.

3.5. Diseño de la investigación

De tipo no experimental debido a que se utilizó un clasificador de máxima probabilidad para analizar la variación de las bandas y así evaluar parte del estado del arbolado urbano.

3.6. Instrumentos de investigación

Durante un periodo, se identificó dentro del área de estudio las áreas verdes públicas tratadas; parques, parterres, aceras y bordillos. Privilegiando, abundancia y presencia. Se obtuvo las áreas y se logró una clasificación en las imágenes.

Se sacaron fotografías y se registró la ubicación geográfica de cada árbol con GPS Garmin para su posterior referencia: con un error de 3 metros y luego se identificaron en el ortomosaico.

Para el levantamiento topográfico: planimétrico y altimétrico se empleó el sistema de coordenadas UTM; se estabilizó la recepción de los satélites GPS SinoGNSS T300 y T300 Plus Base Rover, modo RTK punto de referencia. Sistema Geodésico Mundial 1984 WGS84 IGM Sirgas. Se capturó las coordenadas de los puntos base y se exportó en formato *.xls, *.dxf, y *.txt con el software de descarga del receptor GNSS.

3.6.1. Imagen aérea

Las imágenes que se usaron en el estudio fueron tomadas el 10 de agosto de 2022, tienen una resolución de 4.16 cm en la escala pancromática, bandas (rojo, verde, azul). Y el vuelo se hizo a 150 metros. Unitariamente cubren una superficie de aproximadamente 1048 ha.

3.6.2. Clasificación supervisada

En este método se identifica sobre las imágenes las clases de interés con las que se va a trabajar luego se fija zonas que posean similitudes y características espectrales con las que se obtiene los sitios representativos para cada clase. Posteriormente se calcula estadísticamente las categorías a partir de los píxeles incluidos en las áreas de entrenamiento de cada una de las clases.

3.6.2.1. Elaboración de la Clasificación Supervisada en Envi 5.3

-Para reconocimiento y clasificación de las clases se usó un clasificador de máxima probabilidad (*Maximum likelihood*).

-Para la determinación de las clases se hizo ROI de entrenamiento (train) y de prueba (test).

Categorías para ambas ciudades



-Para obtener la separabilidad espectral

- *Compute ROI Separability*

-Para la clasificación de la imagen

- *Classification*
- *Supervised Classification*
- *Maximum Likelihood Classification*

-Para la bondad de la clasificación

- *Post Classification*
- *Confusion Matrix Using Ground Truth ROIs*

Del cual se obtiene *Confusion Matrix* y deriva el *Kappa Coefficient*

3.6.3. Arbolado Urbano

Se hizo inventario de campo y georreferenciación de las principales especies para facilitar la identificación en las imágenes. Se usó el software AutoCAD Map 3D y se formaron polígonos para la obtención del área de los parques recreacionales, áreas verdes, parterres y bordillos.

3.6.4. Evaluación de la estructura del arbolado urbano

Para la evaluación de la estructura arbolada se usó un inventario; se hizo un registro de variables de cada individuo: diámetro, altura, área basal, densidad, Frecuencia absoluta (Fa), Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), Simpson (D) Las variables que se evaluaron se mencionan a continuación:

3.6.4.1. Diámetro

Para el cálculo del diámetro a partir de la circunferencia se utilizó la siguiente formula:

$$DAP = \frac{C}{\pi}$$

Dónde:

DAP = Diámetro 1,30 (cm)

C = Circunferencia (cm)

π = 3.1416 (variable constante)

3.6.4.2. Altura

La altura se tomó desde la base del árbol hasta el último brote principal de su copa.

3.6.4.3. Área basal

Su cálculo se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

$$AB = \frac{\pi}{4} * DAP^2$$

Dónde:

AB = área basal (m²)

DAP = Diámetro 1,30 metros sobre el suelo (cm)

π = 3.1416 (variable constante)

3.6.4.4. Densidad

Para el cálculo de la densidad de árboles por hectárea de cada parroquia se utilizó la siguiente formula:

Densidad = número de árboles / superficie

3.6.4.5. Frecuencia absoluta (Fa)

La frecuencia absoluta es el número de veces que se repite una especie.

Dónde:

Fa = N° de parroquias en que se presenta una especie

Fa = Frecuencia absoluta

3.6.4.6. Índices de diversidad

Determinó la biodiversidad específica utilizando los índices de Shannon-Wiener (H') y Simpson (D) que interpretó la probabilidad de un encuentro intraespecífico.

El índice de Shannon-Wiener (H') se calculó con la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Siendo: $p_i = \frac{N_i}{N}$

Dónde:

S = Número de especies (la riqueza de especies)

p_i = Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos; la abundancia relativa de la especie i .

n_i = Número de individuos de la especie i

N = Número de los individuos de todas las especies

3.6.4.6.1. Niveles de interpretación del índice de Shannon

Valores	Interpretación
0 – 0,35	Diversidad baja
0.36 – 0,75	Diversidad media
0,76- 1	Diversidad alta

Fuente: (47)

El índice de Simpson (D) se calcula de la siguiente fórmula:

$$S = 1/s (P_i)^2$$

Dónde:

S = Índice de Simpson

$1/s$ = Probabilidad que individuos al azar de una población provenga de la misma especie.

P_i = Proporción de individuos pertenecientes a la misma especie

3.6.4.6.2. Niveles de interpretación del índice de Simpson

Valores	Interpretación
0 – 0,5	Diversidad baja
0,6 – 0.9	Diversidad media
1	Diversidad alta

Fuente: (47)

3.7. Tratamiento de datos

Para el pre procesamiento y procesamiento de datos se usó el software Envi 3.5, AutoCAD Map 3D y Global Mapper. Para la validación de los datos, se hizo la selección de las categorías y se aplicó el cálculo de matriz de confusión e Índice de Kappa.

3.8. Recursos humanos y materiales

Quien ayudo y aportó grandemente fue:

- El Director del Proyecto de Investigación el Ing. For. Edwin Jiménez Romero M, Sc.
- El autor del Proyecto de Investigación Arana Tovar Leonel Fabricio aspirante al título de Ingeniero Forestal.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Matriz de confusión de la clasificación supervisada

Para la clasificación supervisada se comprobó la separabilidad espectral de los ROIs. Se evidenciaron valores significativos entre 1,93 - 2.0. Indicativo estadístico de buena separabilidad. El error de comisión en cada clase es mostrado en porcentajes distintos; pertenecientes a clases de cobertura diferentes. Así mismo se presenta el error de omisión; correspondiente al pixel que no fue clasificado en tal cobertura.

Tabla 1.

Matriz de confusión de la imagen 1

IMAGEN 1 7 de Octubre	Error de Comisión	Error de Omisión	Precisión General	Coefficiente de Kappa
Arbolado	14.34%	41.81%	83.15%	0.77%
Área verde	63.81%	10.94%		
Suelo desnudo	14.21%	14.39%		
Casa	16.62%	9.04%		
Asfalto	1.22%	7.76%		

Fuente: Elaboración propia

Nota. La calidad del clasificador en la imagen 1 resultó significativa con 83.15% de precisión y de acuerdo a los promedios de (44) en su investigación con un 64.66% de precisión general en diferentes clases. También se reportan otros promedios de un 81% según (48). El mismo autor afirma que existen promedios que van de 70% - 99%.

Se obtuvo un coeficiente de kappa que bordea lo óptimo según (44). Pues según Román (35) es un porcentaje considerable para dar valoración al coeficiente.

Tabla 2.*Matriz de confusión de la imagen 2*

IMAGEN 2 7 de Octubre	Error de Comisión	Error de Omisión	Precisión General	Coefficiente de Kappa
Arbolado	22.73%	45.35%	77.29%	0.71%
Área verde	25.06%	15.67%		
Suelo desnudo	30.60%	15.72%		
Casa	13.60%	14.75%		
Asfalto	19.63%	17.43%		

Fuente: Elaboración propia

Nota. La calidad del clasificador en la segunda imagen resultó con un 5.86% menos de precisión en relación a la primera imagen.

Tabla 3.*Matriz de confusión de la imagen 3*

IMAGEN 3 Guayacán	Error de Comisión	Error de Omisión	Precisión General	Coefficiente de Kappa
Arbolado	0.99%	16.46%	84.89%	0.68%
Área verde	17.22%	12.13%		
Suelo desnudo	24.76%	10.81%		
Casa	49.39%	24.43%		
Asfalto	44.95%	4.01%		

Fuente: Elaboración propia

Nota. La calidad del clasificador de la tercera imagen resultó 4.67% más de precisión entre el promedio que arroja la imagen 1 y 2. Forma parte de promedios obtenidos en investigaciones mencionadas. Las clases se clasificaron de manera óptima, el clasificador y la imagen clasificada tienen relación y sentido.

4.1.1.1. Coberturas agrupadas

Tabla 4.

Cobertura arbórea de la parroquia siete de octubre área pública y privada

Clase	Cobertura (%)
Asfalto	29,68
Área verde	23,75
Casa	16,72
Arbolado	16,13
Suelo desnudo	13,74
	100%

Fuente: Elaboración propia

Nota. En la clasificación de las clases el porcentaje mayor en la parroquia siete de octubre resultado del asfalto a quien corresponde el 29,68% de los pixeles clasificados, seguido de áreas verdes con 23,75% de pixeles bien clasificados, casas con un 16,72% de pixeles, arbolado urbano le corresponden el 16,13% de los pixeles bien clasificados entre arbolado público y privado, seguido de suelo desnudo con un 13,74%.

Tabla 5.

Cobertura arbórea de la parroquia el guayacán área pública y privada

Clase	Cobertura (%)
Área verde	32,32
Asfalto	18,40
Suelo desnudo	16,48
Casa	16,43
Arbolado	16,37
	100%

Fuente: Elaboración propia

Nota. En la clasificación de las clases el porcentaje mayor en la parroquia el guayacán resultó de áreas verdes a quien corresponde el 32,32% de los pixeles clasificados, seguido de asfalto

con 18,40% de píxeles bien clasificados, suelo desnudo le corresponden el 16,48% de los píxeles bien clasificados entre arbolado público y privado 16,37% se clasificaron como arbolado (público y privado).

4.2. Estructura y caracterización dasométrica del arbolado urbano en dos parroquias del cantón Quevedo

4.2.1. Arbolado Urbano

Tabla 6.

Superficies en las que incluyen árboles

	Parques Recreacionales	9,56 ha	
Superficie pública	Área Verde	4,26 ha	14,02 ha
	Parterres	0,20 ha	
Superficie pública y privada		340,6 ha	
Superficie privada		326,58 ha	

Fuente: Elaboración propia

Nota. La superficie total que representa el área de estudio es de 1048 ha (Ver Tabla 9). De la cual el mayor porcentaje es representado por los parques recreacionales y la más baja es parterres. Siendo un total de 14,02 ha ocupadas con sistema arbóreo y vegetación.

Entre las dos parroquias el arbolado público y privado suman 340,6 ha (32,50%) de las clases clasificadas en las imágenes. Menos el 14,02 ha de arbolado público y la superficie privada estaría representada por 326,58 ha.

Tabla 7.*Categorías para del arbolado urbano de las parroquias*

Parroquias	Sector	Categoría
Guayacán	Parque el velero	Parque con monumento
	Parque el guayacán	Área verde
	Parque la estación de la 8	Parque recreacional
	Parque el avión	Parque con monumento
	Parque la familia	Parque recreacional
	Parque la perla	Parque recreacional
Siete de octubre	Parque siete de octubre	Parque recreacional
	Parque la salud	Parque recreacional

Fuente: Elaboración propia*Nota.* En la Tabla se clasificaron las parroquias urbanas por sectores y categorías.

4.2.2. Variables dasométricas

Tabla 8.*Variables dasométricas*

Parroquia	Variab	N°	Media	Desviaci	Error	Límite	Limite
s		individuos		ón típica	típico	Inferior	Superior
Guayacán	Diámetro	105	31,6086	20,66477	2,01668	27,6094	35,6077
	Altura	105	5,3238	2,48648	0,24266	4,8426	5,805
	Área basal	105	0,1117	0,10342	0,01009	0,0917	0,1317
	Volumen	105	0,5327	0,53902	0,0526	0,4284	0,637
	V. Total					55,948	
Siete de Octubre	Diámetro	49	26,9524	2,91023	2,37162	21,1010	32,8039
	Altura	49	5,6531	0,46066	3,22459	4,7269	6,5793
	Área basal	49	0,0890	0,01668	0,11678	0,0554	0,1225
	Volumen	49	0,5314	0,13342	0,93395	0,2631	0,7996
	V. Total					26.036	

Fuente: Elaboración propia

Nota. La Tabla 8, muestra los valores dasométricos de las parroquias urbanas estudiadas. Siendo el guayacán la que presenta un mayor número con un total de 105 individuos a diferencia de la parroquia siete de octubre que cuenta con un total de 49 individuos.

La variable diámetro muestra los valores más elevados en la parroquia el guayacán con un total de 31,60 m a diferencia de la parroquia siete de octubre que demostró valores menores con un total de 26,95 m.

La altura total de las parroquias indica valores similares con la diferencia de un 0,33 m entre parroquias. Presentando el valor más alto la parroquia siete de octubre con 5,65 m de altura y la parroquia el Guayacán con 5,32 m.

En el volumen registrado en las dos parroquias se muestra valores elevados del volumen de madera en la parroquia el guayacán con un total de 55,94 m³ de madera a diferencia de la parroquia siete de octubre que muestra un total de 26,03 m³ de madera.

4.2.3. Densidad de árboles por hectárea

Tabla 9.

Densidad de árboles por hectárea de las parroquias urbanas

N°	Parroquias	Superficie ha	N° de arboles	Densidad de árboles por ha
1	Guayacán	685,0122	105	0,15
2	Siete de octubre	363,8647	49	0,13
SUMA		1,048.8769	154	

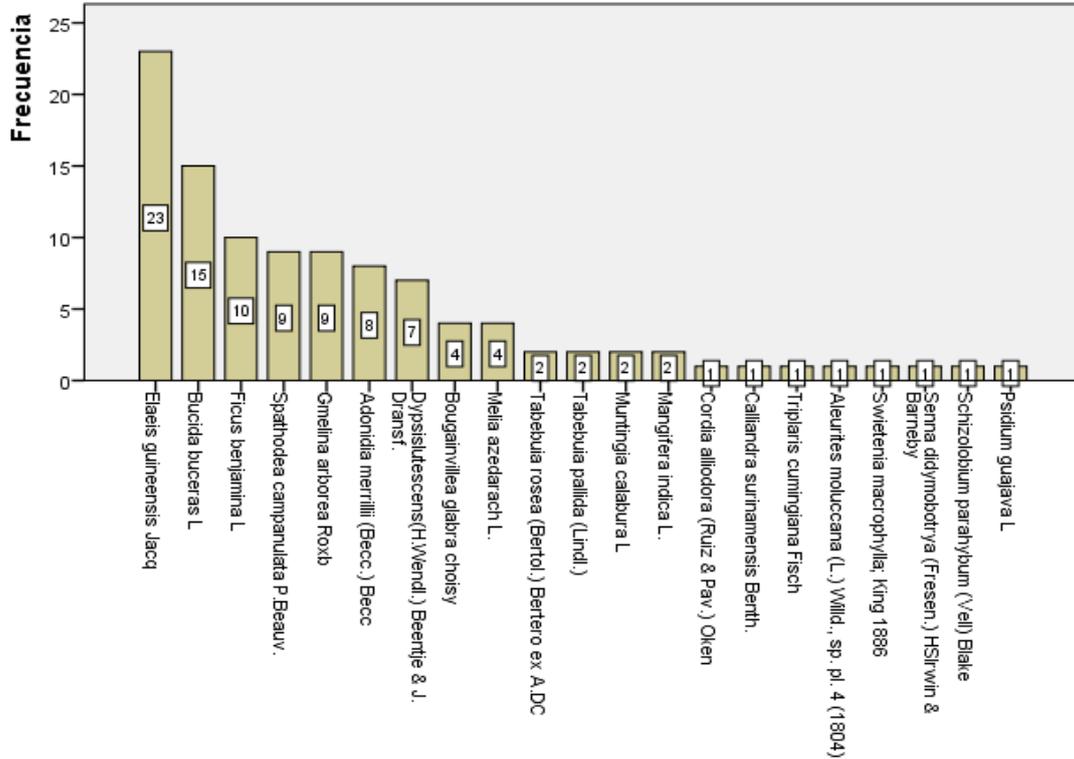
Fuente: Elaboración propia.

Nota. En la tabla se muestra la densidad de árboles por hectárea en cada una de las parroquias urbanas. La parroquia que presentó mayor densidad de árboles por hectárea fue la parroquia urbana el guayacán con una densidad de 0,15 una superficie de 685,0122 ha y con un total de 105 individuos. A diferencia de la parroquia siete de octubre que tiene una densidad de 0,13 una superficie de 363,8647 ha y 49 individuos.

4.2.4. Frecuencia absoluta

Figura 1.

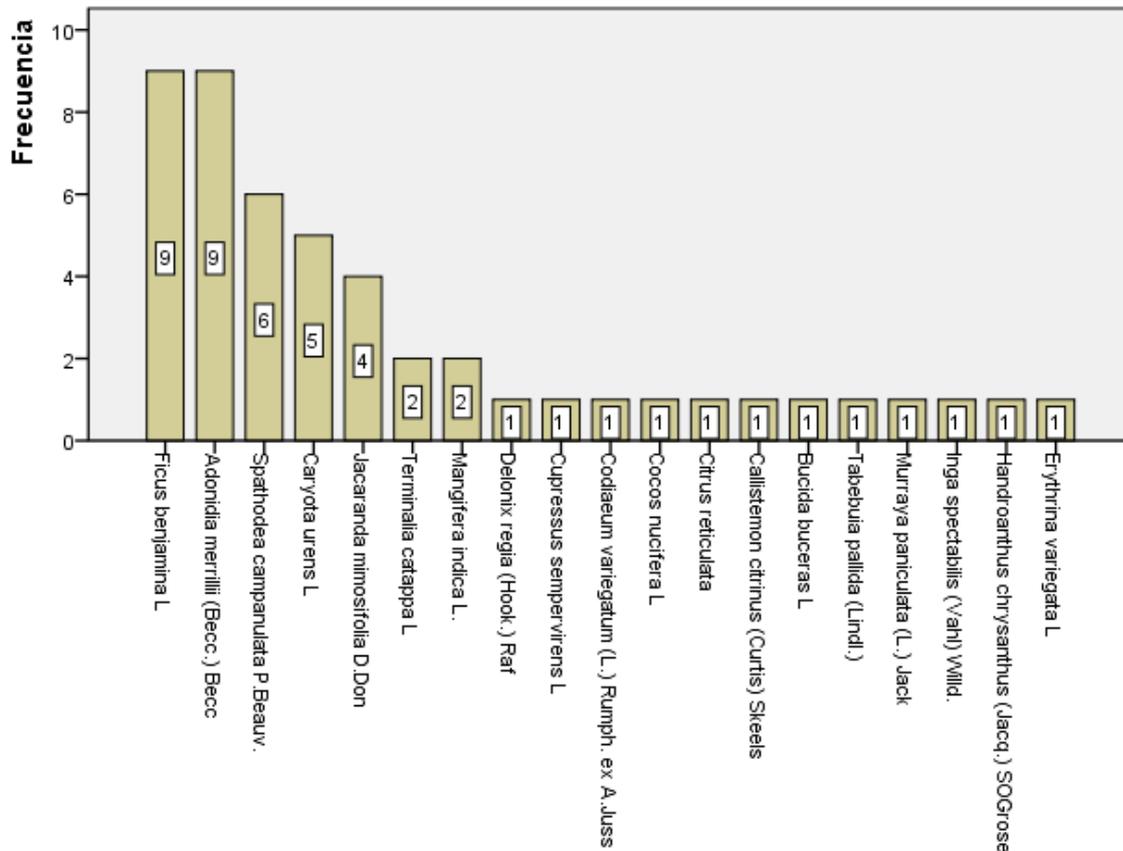
Análisis de frecuencia de la parroquia urbana el guayacán



Nota. La parroquia el guayacán presenta 105 individuos. En su análisis de frecuencia absoluta muestra que las especies más representativas son *Elaeis guineensis* Jacq., con 23 individuos, *Bucida buceras* L., con 15 individuos y *Ficus benjamina* L., con un total de 10 individuos. A diferencia de *Psidium guajava* L., *Schizolobium parahybum* (Vell) Blake., *Senna didymobotrya* (Fresen.) H.Sirwin & Barneby., *Swietenia macrophylla*; King 1886., *Aleurites moluccana* (L.) Willd., *Triplaris cumingiana* Fisch., *Calliandra surinamensis* Benth., y *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken que presentan 1 individuo.

Figura 2.

Análisis de frecuencia de la parroquia urbana siete de octubre



Nota. La parroquia siete de octubre presenta 49 individuos. Y en su análisis de frecuencia absoluta muestra que las especies más representativas son *Ficus benjamina* L., con 9 individuos, *adonia merrillii* (becc.) becc., con 9 individuos. A diferencia de *Erythrina variegata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) SOGrose., *Inga spectabilis* (Vahl) Willd., *Murraya paniculata* (L.) Jack., *Tabebuia pallida* (Lindl.), *Bucida buceras* L., *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels., *Citrus reticulata* Blanco., *Cocos nucifera* L., *Codiaeum variegatum* (L.) Rumph. ex A.Juss., *Cupressus sempervirens* L., *Delonix regia* (Hook.) Raf que presentan 1 individuo

4.2.5. Índice de diversidad de especies

Tabla 10.

Número de individuos e índices de las parroquias

Parámetros	Parroquias	
	Guayacán	7 de Octubre
Especies	21	19
Individuos	105	49
Dominancia	0,108	0,108
Shannon	0,893	0,892
Simpson	2,538	2,531

Fuente: Elaboración propia.

Nota. La tabla, muestra los índices de diversidad con un total de 40 especies en las parroquias urbanas e indica que la mayor cantidad de especies se encuentra en la parroquia urbana el guayacán con un total de 21 especies seguido de la parroquia urbana siete de octubre representada por un total de 19 especies.

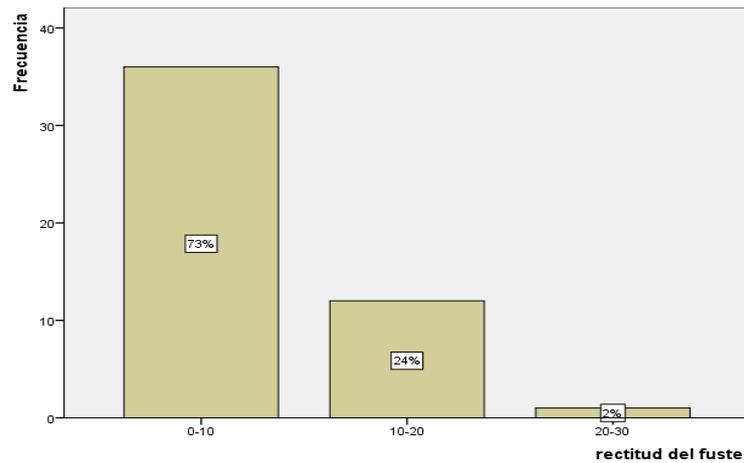
El índice de diversidad de Shannon dentro de las dos parroquias urbanas del cantón Quevedo indica valores de 0,89 en ambas parroquias, descrito como diversidad media.

El índice de diversidad de Simpson dentro de las dos parroquias urbanas del cantón Quevedo muestra valores de 2,538 en ambas parroquias.

4.2.6. Análisis de parámetros cualitativos rectitud del fuste, estado fitosanitario y daño mecánico presentes dentro del arbolado urbano de dos parroquias del cantón Quevedo

Figura 3.

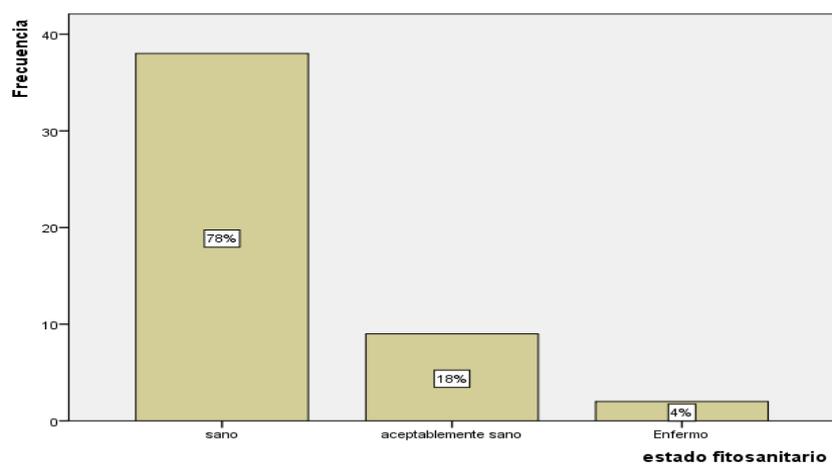
Parámetro de inclinación de fuste para el arbolado urbano dentro de la parroquia siete de octubre



Nota. En la evaluación de los parámetros cualitativos dentro de las áreas urbanas de la parroquia siete de octubre del cantón de Quevedo muestra valores de inclinación de fuste superior en el intervalo de 0°-10° con 73% de los individuos inventariados a diferencia de los valores de inclinación de 10°-20° y 20°-30° los cuales muestran valores del 24% y 2%.

Figura 4.

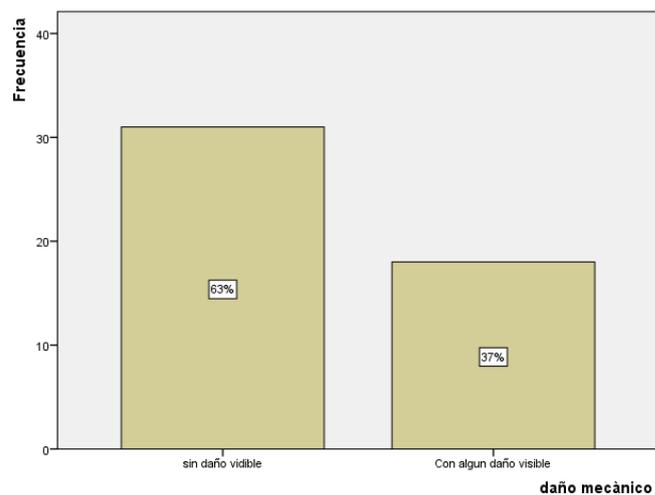
Parámetro del estado fitosanitario para el arbolado urbano dentro de la parroquia siete de octubre



Nota. La categoría sano muestra que el 78% le corresponde, seguido de la categoría aceptablemente sano con un 18% y a diferencia de la categoría enfermo con el 4%. Esto demuestra que gran parte del arbolado urbano demuestra buen estado fitosanitario.

Figura 5.

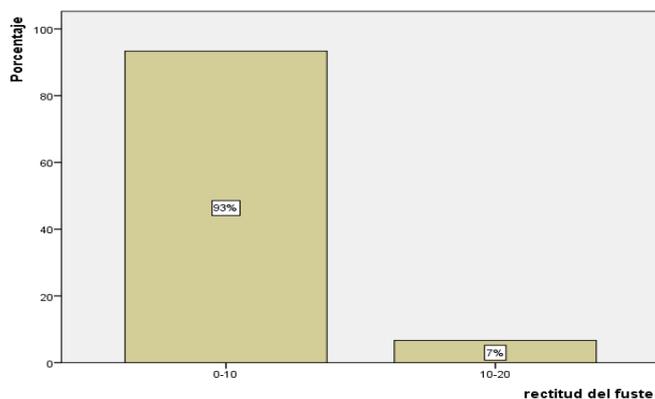
Parámetro del daño mecánico para el arbolado urbano dentro de la parroquia siete de octubre



Nota. Con respecto al daño mecánico del arbolado urbano de la parroquia siete de octubre el 63% de los individuos no presenta daños visibles en su estructura, a diferencia del 37% de sus individuos que si presentan daños visibles provocados por la intervención del hombre y producidos de manera natural o por causas ambientales.

Figura 6.

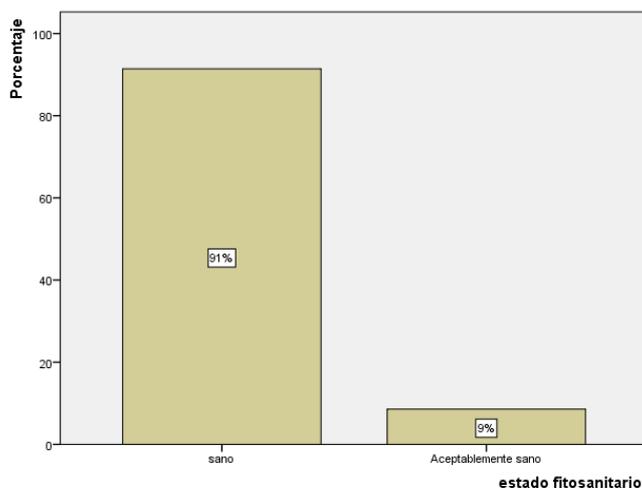
Parámetro de inclinación de fuste para el arbolado urbano dentro de la parroquia el guayacán



Nota. En la evaluación de los parámetros cualitativos dentro de las áreas urbanas de la parroquia el guayacán del cantón de Quevedo muestra valores de inclinación de fuste superior en el intervalo de 0^0-10^0 con 93% de los individuos inventariados a diferencia de los valores de inclinación de 10^0-20^0 con un 7%.

Figura 7.

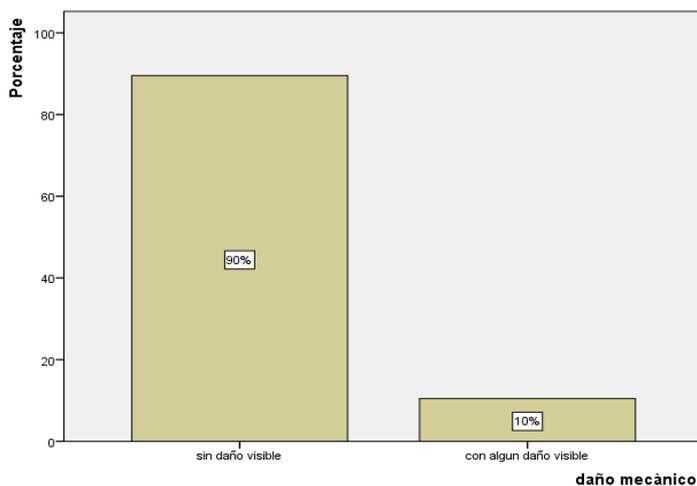
Parámetro del estado fitosanitario para el arbolado urbano dentro de la parroquia el guayacán



Nota. En el estado fitosanitario la categoría sano muestra que el 91% le corresponde, seguido de la categoría aceptablemente sano con un 9% y a diferencia de la categoría enfermo con el 0%. Esto demuestra que gran parte del arbolado urbano demuestra buen estado fitosanitario en comparación con el estado fitosanitario de la parroquia siete de octubre.

Figura 8.

Parámetro del daño mecánico para el arbolado urbano dentro de la parroquia el guayacán



Nota. Con respecto al daño mecánico del arbolado urbano de la parroquia el guayacán el 90% de los individuos no presenta daños visibles en su estructura, a diferencia del 10% de sus individuos que si presentan daños visibles provocados por la intervención del hombre y producidos de manera natural o por causas ambientales entre otros.

4.3. Discusión

En la separabilidad espectral de la presente investigación se logró un valor que va de 1,93 - 2.0. y una precisión general que va del 77,29% a 84.89% y su coeficiente de Kappa de 0,68% a 0.77%. Eso afirma que el clasificador no se confundió y que hubo excelente separabilidad entre una clase y otra. Valor similar al de Macias-Muro (44) en su investigación evaluación de la salud del arbolado urbano a través de imágenes satelitales en Guadalajara, México quien muestra un valor de 0,3 en su separabilidad y una precisión general de 33% debido a la alta cantidad de especies a clasificar y un índice de Kappa de 0,3 a 0,7.

El número de especies registradas en ambas parroquias fue de 40, valor superior a las 34 especies registradas por Moreira (20). En su investigación estructura y caracterización dasométrica del arbolado en las parroquias urbanas del cantón Quevedo.

En la presente investigación el índice de Simpson en la parroquia el guayacán fue de 2,538 un registro de valores altos y en la parroquia siete de octubre 2,531 valores significativos. A diferencia de la investigación estructura y composición florística del arbolado urbano e índice verde urbano en el cantón Quevedo donde su índice en la parroquia el guayacán muestra 0,304 valor inferior y para la parroquia siete de octubre 0,837 valores superiores y significativos.

En el presente el índice de Shannon para la parroquia el Guayacán muestra un índice de 0,893 y para la parroquia siete de octubre muestra un índice de 0,892. Valores significativos demostrados en el índice de Shannon de la parroquia el guayacán de 0,559 por Fuentes (47). En su investigación de la estructura y composición florística del arbolado urbano e índice verde urbano en el cantón Quevedo, caracterizando a las parroquias con diversidad media.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La implementación de la clasificación supervisada con el software Envi 5.3 y el uso de imágenes aéreas, maneja con el mayor detalle las dificultades que hay en el proceso en la obtención de resultados numéricos y visuales en la zona de estudio. Puesto que a través de su implementación se logra evaluar, evidenciar, y valorar los resultados para su efectiva recomendación. El uso de cada uno de sus algoritmos da la mayor precisión en cuanto a las necesidades del investigador.
- El arbolado de las parroquias requiere más atención ya que la mayoría de las condiciones de su estado se clasifican como normales a disminuidas, pues presentan algún daño visible ya sea mecánico o fitosanitario. El trabajo de planificación para el mantenimiento del arbolado se puede optimizar utilizando sensores remotos con softwares necesarios y fotografías aéreas.
- En cuanto a parámetros cualitativos y cuantitativos en el arbolado urbano de las parroquias, en abundancia ha habido pérdida y cambio de cobertura arbórea, pues los índices han tenido varianza y posterior a eso se ha hecho la introducción de especies arbustivas en reemplazo del arbolado anterior. Así mismo las obras de infraestructura que han crecido y el rol del arbolado no se desempeña óptimamente ya que la densidad de árboles por hectárea es sumamente baja.

5.2. Recomendaciones

- Disponibilidad de herramientas computacionales e informáticas con mayor capacidad para optimizar tiempos y mejoras en las necesidades y por ende en los resultados.
- Mejorar la diversidad de especies arbóreas dentro de los parques recreacionales con el fin de suplir las necesidades de los habitantes. Pues se requieren aproximadamente entre 20 a 22 árboles para suplir la demanda de oxígeno de una persona por día.
- Trabajar en conjunto con el gobierno autónomo para lograr incrementar el índice verde urbano de cada parroquia incluyendo investigaciones futuras que puedan determinar el uso de especies en específico para pronto resultados.
- Considerar especies endémicas de la zona para belleza paisajística y conservación.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFIA

6.1. Bibliografía

1. Alonso M. Evaluación de la fórmula que determina el valor monetario del arbolado urbano en Montevideo, Uruguay. ; 2019.
2. Chiesura A. El papel de los parques urbanos para la ciudad sostenible. Ámsterdam;; 2004.
3. Cabrera C, Macias L, Mieles K, Jimenez A, Manrique T. Áreas verdes y arbolado en la zona urbana del cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*. 2022; 9(1): p. 13.
4. Tovar G. Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *Territorios*. 2007; 16: p. 149-173.
5. Agarwal S, Sujay L,V, jaganmohan m, Nagendra H. Mapeo de especies de árboles urbanos utilizando imágenes satelitales de muy alta resolución: comparación de enfoques basados en píxeles y basados en objetos. India;; 2013.
6. Jim C, Chen W. Valor de las vistas panorámicas: evaluación hedónica de viviendas privadas en Hong Kong. *Paisaje y Urbanismo*. 2009; 91: p. 226-234.
7. ForesResearch. ForesResearch. [Online].; 2022. Available from: <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/urban-regeneration-and-greenspace-partnership/greenspace-in-practice/benefits-of-greenspace/woodland/>.
8. Sinha P, Coville R, Hirabayashi S, Lim B, Endreny T, Nowak D. Variación de las estimaciones de la reducción de la mortalidad relacionada con el calor debida a la cubierta de árboles en las ciudades de EE.UU. *Journal of Environmental Management*. 2022;; p. 13.
9. Martínez K, Vanegas K, serrato O. Evaluación de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la localidad de Fontibón mediante i-Tree. *ITTPA*. 2021; 2(2): p. 8.
10. Muthu K. Evaluación de riesgos de árboles urbanos: una guía pictórica. In. Bangalore: Instituto de Ciencia y Tecnología de la Madera; 2019.
11. ASEMAFOR. Beneficios de los árboles urbanos. [Online].; 2021. Available from: <https://www.asemafor.cl/beneficios-de-los-arboles-urbanos/>.
12. Hernández Guanche L, Hernández Martínez F, Dago Dueñas Y. Organismos nocivos en el arbolado urbano en la ciudad de Pinar del Río, Cuba. *Ciencias Forestales*. 2022; 10(2): p. 15.

13. Pino Y, Rangel R, Quintana L, Gómez A. Caracterización florística y condición actual del arbolado urbano, El Vigía, Mérida – Venezuela. 2022..
14. ICTA. Biodiversidad urbana. España; 2017.
15. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Humboldt. Biodiversidad urbana. Bogotá; 2020.
16. Buitrago M. La Biodiversidad Urbana En Tunja (Boyacá-Colombia): Análisis De La Situación Actual Y Propuestas Para Su Potenciación. Barcelona; 2020.
17. Fernández I, De la Barrera F. Biodiversidad urbana, servicios ecosistémicos y planificación ecológica: un enfoque desde la ecología del paisaje. 2018;; p. 118.
18. Baya J. QFIELD COMO HERRAMIENTA PARA EL INVENTARIO DEL ARBOLADO URBANO EN LA PLAZUELA CARLOS BERDECIO. Documentación Digital de la Universidad Mayor de San Simón. 2022;; p. 8.
19. Morales V, Piedra L, Romero M. Indicadores ambientales de áreas verdes urbanas para la gestión en dos ciudades de Costa Rica. 2018..
20. Moreira M. “Estructura Y Caracterización Dasométrica Del Arbolado En Las Parroquias Urbanas Del Cantón Quevedo”. Quevedo; 2017.
21. Rendón RE. Espacios Verdes Públicos Y Calidad De Vida. Mexicali. 2010;; p. 14.
22. Calle S. Evaluación del estado de micorrización y del potencial micorrícico en el arbolado urbano de Zaragoza. Universidad de Zaragoza. 2022;; p. 113.
23. Nowak D, Dwyer J, Childs G. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. 1997;; p. 22.
24. Morales M. Evaluación del estado de conservación del arbolado urbano, en sector de la ciudad de Coyhaique con mayores demandas de intervención. Valdivia, Chile; 2018.
25. Castelao G, Fritschy B. Diagnóstico Del Arbolado Urbano De Alineación En Vecinales La Esmeralda Y Guadalupe Este. Ciudad De Santa Fe, República Argentina. CONICET-UNL. 2019; 31: p. 118.
26. Camargo Y. Evaluación Del Estado De Los Arboles De La UPTC En Relación Con Los Principios De Las Practicas Silviculturales Urbanas. Colombia; 2022.
27. s, f. Fotointerpretación. Geología y Geomorfología..
28. Neira R. Fotografía Aerea. ; 2005.

29. Padilla-Arbalboa , Martínez-Díaza , Castro-Lieraa , Luna-Taylor. Detección de cambio en superficie costera mediante la segmentación de imágenes aéreas utilizando redes neuronales convolucionales. 2022;; p. 8.
30. Gutierrez J. Generación De Un Ortofotomosaico Mediante Aeronaves No Tripuladas Uav, Como Instrumento Para La Identificación De Áreas Aptas Para Procesos De Rehabilitación Para La Preservación Del Recurso Hídrico En Un Área Priorizada De La Cuenca Hidrográfica Del Río. ; 2021.
31. Fraser B, Congalton R. Evaluación de la eficacia de los sistemas aéreos no tripulados (UAS) para recopilar datos de referencia de evaluación de precisión de mapas temáticos en los bosques de Nueva Inglaterra. *Bosques*. 2019; 10(24): p. 56.
32. Brach M, Chan CW, Pawel S. Evaluación de precisión de diferentes software fotogramétricos para procesar datos de plataformas UAV de bajo costo en condiciones forestales. *iForest*. 2019; 12(5): p. 435.
33. Becerra D. Clasificación supervisada de una imagen satelital suministrada por la policía nacional para la identificación de posibles cultivos de amapola en el municipio la cruz – Nariño. ; 2021.
34. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Métodos estadísticos de la evaluación de la exactitud de productos derivados de sensores remotos. Argentina;; 2012.
35. Román C. Evaluación de la vegetación en las áreas verdes públicas ciudad de Algarrobo, región de Valparaíso. Santiago;; 2022.
36. Jombo S, Adam E, Odindi J. Clasificación de especies de árboles en un entorno urbano heterogéneo utilizando análisis de conjuntos basados en objetos e imágenes de satélite World View-2. *Appl Geomat*. 2021; 13 : p. 373–387.
37. Abebe M, Megento T. Desarrollo de espacios verdes urbanos mediante análisis multicriterio basado en GIS en la metrópolis de Addis Abeba. *Appl Geomat*. 2017; 9: p. 247–261.
38. Krtalic A, Linardić D, Pernar R. Marco para el Monitoreo Espacial y Temporal de las Condiciones de la Vegetación y los Bosques Urbanos: Estudio de Caso Zagreb, Croacia. *Sostenibilidad*. 2021; 13: p. 22.
39. Tejada Z, Beck P, Kattenborn T, Kempeneers P, Hernández C. Estimación del contenido de clorofila en un bosque de coníferas de dosel abierto con Sentinel-2A e

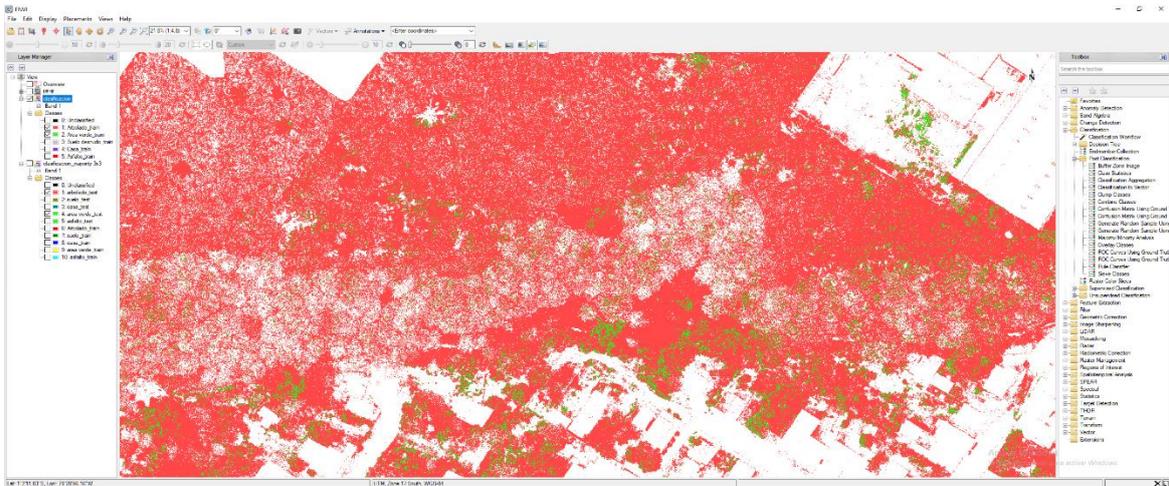
- imágenes hiperespectrales en el contexto del declive forestal. PMID. 2019;(223): p. 320-335.
40. Garcia M, De Oliveira H. La Influencia De La Configuración De Vuelo, La Calibración De La Cámara Y Los Puntos De Control En Tierra Para La Generación De Modelos De Terreno Digital Y Ortomosaicos Utilizando Imágenes De Vehículos Aéreos No Tripulados. Cien. Geod. 2021;(27).
 41. Tagle X, Di Liberto S, Falen L, Dávila A, Roque E. Manual para evaluación de plantaciones forestales mediante el uso de RPAs en el ámbito del Bosque Modelo Río Huayabamba – Abiseo. 2021..
 42. Yan D, RL S, JA B, Barron-Gafford , Yang X, Moore D, et al. Cuantificación de la respuesta fisiológica de las plantas al estrés hídrico con observaciones de alta frecuencia cerca de la superficie de la fluorescencia de la clorofila y la reflectividad fotoquímica. 2018.
 43. Celemín J, Arias M. La vegetación en barrios de mar del Plata. Estudio a partir de imágenes satelitales. Investigación más acción. 2021;(24).
 44. Macías-Muro A, Martínez-Trinidad T, Valdez-Lazalde J, Romero-Sánchez M, Vaquera-Huerta H. Evaluación de la salud del arbolado urbano a través de imágenes satelitales en Guadalajara, México. Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento. 2022; 10(24): p. 14.
 45. Gallego E. La lectura visual de la foto aérea. La interpretación de la foto aérea en los documentos técnicos sobre el territorio. ; 2018.
 46. [MDN, IEE, SPD, MAGAP]. “Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio A Nivel Nacional Escala 1: 25 000”. Quevedo;; 2013 Diciembre.
 47. Fuentes W. Estructura Y Composición Florística Del Arbolado Urbano E Índice Verde Urbano En El Cantón Quevedo. Quevedo;; 2016.
 48. Pontius J, Hanavan R, Hallett B, Cook. Desmezcla Espectral de alta resolución espacial para mapear especies de Fresnos en un entorno urbano complejo. Remote Sensing. 2017; 199: p. 360-369.

CAPITULO VII
ANEXOS

A. Separabilidad del arbolado de la parroquia siete de octubre (pixel rojo) y área verde (pixel verde).



B. Vista aérea y separabilidad del arbolado privado de la parroquia el guayacán (pixel rojo) y área verde (pixel verde).



C. Tocón de un árbol de *Terminalia catappa* L.



D. Daños antrópicos en un árbol de *Spathodea campanulata* P. Beauv. (campano) en la parroquia el guayacán



E. Mala poda en un árbol de *Erythrina variegata* L, (daño mecánico).



F. Pérdida de *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. Por la acción antrópica.

