TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ANA LETICIA TUNI LEON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2025

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ANA LETICIA TUNI LEON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : _____
Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO : _____
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO : _____
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS : _____
Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22**

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1535-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2025 - CU - 11290** presentado por el (la) Bachiller: **ANA LETICIA TUNI LEON** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **ANA LETICIA TUNI LEON,** quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

* **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
* **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
* **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTICULO TERCERO. – **APROBAR,** la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **ANA LETICIA TUNI LEON;** del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

* **FECHA** : jueves 27 de noviembre del 2025
* **HORA** : 09:30 horas
* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 583-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 4607 por el señor (a): **ANA LETICIA TUNI LEON** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – N° 459- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 019- 2025 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ANA LETICIA TUNI LEON,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **MSc. Jesus Esteban Castillo Machaca** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 019- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **ANA LETICIA TUNI LEON,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL,** en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **Dr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 236-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 1110, presentado el señor (a) **ANA LETICIA TUNI LEON** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO – N° 143-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 001-2025 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ANA LETICIA TUNI LEON** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **MSc. Jesus Esteban Castillo Machaca** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 001-2025- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025.**

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **ANA LETICIA TUNI LEON**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL.**

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Dr. **ARNALDO YANA TORRES.**

ARTÍCULO TERCERO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CACERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)

Jr. Loreto N° 450 - Central Telefónica: (051) 321142 - Juliaca - Puno - Perú - Pag. Web: www.uancv.edu.pe

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANA LETICIA TUNI LEON

EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUD...

Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::13016:613916261

Fecha de entrega
12 ago 2026, 11:59 GMT-5

Fecha de descarga
12 ago 2026, 12:15 GMT-5

Nombre del archivo
T036_73590952_T.docx

Tamaño del archivo
21.9 MB

108 páginas

15.891 palabras

84.867 caracteres

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

23% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

14%	Fuentes de Internet
3%	Publicaciones
17%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Metadatos complementarios

EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT EN LA CIUDAD DE AYAVIRI 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ANA LETICIA TUNI LEON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73590952
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-0406-6300
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821

Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y calidad ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	CIUDAD DE AYAVIRI **País**: Perú **Departamento**: Puno **Provincia**: Melgar **Distrito:** Ayaviri **Coordenadas**: **Latitud**: -14.884219132 **Longitud**: -70.588819109 **URL Maps:**  https://maps.app.goo.gl/NvZyZXxqsj4q1ryc8
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2025 – Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html- Librería	**Ingeniería ambiental** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 **Ciencias del medio ambiente** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Ana Leticia Toni León identificado con DNI Nro. 73590952
en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**
☐ **Programa de Segunda Especialidad,**
☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

Ingeniería Sanitaria Y Ambiental

informo que he elaborado el/la ☐ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación,** ☐ **Trabajo Académico** denominada:

-

Evaluación de la temperatura Superficial empleando imágenes Satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri 2025

Asesorado por: Dr. Arnaldo Yana Torres

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 12 de Diciembre del 2025

FIRMA ASESOR

FIRMA TESISTA

Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

DEDICATORIA

A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

A mi padre que me guía para seguir adelante en mis proyectos.

A mi hijo Khael quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para él.

AGRADECIMIENTO

Antes que todo, agradezco a DIOS por darme siempre fuerzas para continuar en lo adverso, por guiarme en el camino de lo prudente y darme sabiduría para mejorar dia a dia mi quehacer profesional. Al mismo tiempo quiero agradecer sinceramente a mi asesor de tesis. Dr. Arnaldo Yana Torres, su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como investigador.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

íNDICE DE CONTENIDO iv

ÍNDICE DE TABLAS viii

ÍNDICE DE FIGURAS ix

RESUMEN xi

ABSTRACT xii

INTRODUCCIÓN xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática 15

1.2. Planteamiento del problema 16

1.2.1. Problema general 16

1.2.2. Problemas Específicos 17

1.3. Objetivos de la investigación 17

1.3.1. Objetivo general 17

1.3.2. Objetivos específicos 17

1.4. Justificación de la investigación 18

1.5. Hipótesis de la investigación 19

1.5.1. Hipótesis general 19

1.5.2. Hipótesis especificas 19

1.6. Variables 20

1.6.1. Variable independiente 20

1.6.2. Variable dependiente 20

1.7. Operacionalización de variables 20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación 22

2.1.1. Antecedentes Internacionales 22

2.1.2. Antecedentes nacionales 24

2.1.3. Antecedentes locales 27

2.2. Marco teórico 29

2.2.1. Área urbana 29

2.2.2. Crecimiento urbano 30

2.2.3. Clima urbano 32

2.2.4. Isla de calor urbano 33

2.2.5. Teledetección 39

2.2.6. Imágenes satelitales Landsat 40

2.3. Marco conceptual 42

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación 43

3.2. Tipo de la investigación 43
3.3. Nivel de la investigación 43
3.4. Enfoque de la investigación 43
3.5. Población y muestra 44
3.5.1. Población 44
3.5.2. Muestra 44
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 44
3.6.1. Técnicas 44
3.6.2. Instrumentos 45
3.7. Materiales y equipos 45
3.8. Ubicación de la zona en estudio 45
3.9. Procedimiento metodológico 47
3.9.1. Estimar la temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025) 47
3.9.2. Estimar la influencia del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025) 51
3.9.3. Estimar la influencia de la velocidad y dirección del viento en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025) 53

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados 54

4.1.1. Estimar la temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025) 54

4.1.2. Estimar la influencia del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025). 60

4.1.3. Estimar la influencia de la velocidad y dirección del viento en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025). 68

4.2. Discusión 81

CONCLUSIONES 84

RECOMENDACIONES 85

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 86

ANEXOS 92

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Operacionalización de variables 20

Tabla 2 Clasificación de las ciudades según número de habitantes. 30

Tabla 3 Clasificación de las ciudades según número de habitantes. 36

Tabla 4 Características de los satélites Landsat 41

Tabla 5 Temperatura superficial terrestre según SENAMHI vs. temperatura superficial terrestre hallada 58

Tabla 6 Validación de la temperatura superficial mediante el Índice Kappa 59

Tabla 7 Índice de vegetación de diferencia normalizada de la ciudad de Ayaviri (periodo 1990 – 2025) 63

Tabla 8 Tasa de cambio del índice de vegetación de diferencia normalizada del área en estudio 64

Tabla 9 Validación del índice de vegetación de diferencia normalizada mediante el Índice Kappa 65

Tabla 10 Tasa de cambio de la velocidad del viento en el área en estudio . 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Distribución de la población mundial – urbana y rural..... 31
Figura 2 Estructura de la capa límite urbana 33
Figura 3 Variaciones de la temperatura superficial y atmosférica 34
Figura 4 Superficies impermeables y evapotranspiración reducida 37
Figura 5 Energía solar versus longitud de onda de la Tierra..... 38
Figura 6 Materiales y albedo urbano..... 39
Figura 7 Materiales y albedo urbano..... 40
Figura 8 Ubicación del área en estudio..... 46
Figura 9 Imagen satelital Landsat 47
Figura 10 Corrección atmosférica 48
Figura 11 Temperatura superficial terrestre de la ciudad de Ayaviri (periodo 1990 – 2005)..... 55
Figura 12 Temperatura superficial terrestre de la ciudad de Ayaviri (periodo 2010 – 2025)..... 56
Figura 13 Temperatura superficial promedio de la ciudad de Ayaviri (periodo 1990 – 2025)..... 57
Figura 14 Índice de vegetación de diferencia normalizada de la ciudad de Ayaviri (periodo 1990 – 2005) 61
Figura 15 Temperatura superficial terrestre de la ciudad de Ayaviri (periodo 2010 – 2025)..... 62
Figura 16 Índice de vegetación de diferencia normalizada vs. temperatura superficial..... 66

Figura 17 Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 1990 68

Figura 18 Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 1995 69

Figura 19 Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2000 70

Figura 20 Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2005 71

Figura 21 Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2010 72

Figura 22 Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2015 73

Figura 23 Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2020 74

Figura 24 Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2025 75

Figura 25 Velocidad del viento vs. temperatura superficial 77

RESUMEN

El estudio surge a razón de que la ciudad de Ayaviri, se desarrolla de una manera desordenada sin tomar en cuenta las coberturas vegetales, y por ende alterando la temperatura urbana; en tal sentido se plantea el objetivo de determinar la temperatura superficial empleando imágenes satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri en el periodo (1990 – 2025); con procedimiento de obtencion de la data mediante la determinación de la temperatura superficial; el (NDVI); y la velocidad del viento; seguidamente mediante ello conocer la influencia del NDVI y la velocidad del viento en la temperatura superficial. En los resultados se encontró que la temperatura superficial varía entre 15.58°C a 18.64°C, presentando una tasa de cambio del 0.43% la cual es indicativo de que la temperatura superficial va en aumento; así mismo se encontró que la cobertura vegetal (escasa vegetación y vegetación dispersa y moderada) presentan una tasa de cambio entre -0.07%; -0.02% y -0.23 (decrecimiento), además la velocidad del viento presenta una tasa de cambio del -0.07% (decrecimiento), en donde se indica que mientras la temperatura superficial tiende a aumentar, la cobertura vegetal tiende a disminuir, generando una influencia inversamente proporcional; de igual forma se encontró que mientras la velocidad del viento tiende a decrecer, la temperatura superficial tiende a aumentar generando una influencia inversamente proporcional. Concluyendo que la temperatura superficial de Ayaviri presenta una tendencia de incremento.

Palabras clave: Temperatura superficial, imágenes satelitales, cobertura vegetal, velocidad del viento

ABSTRACT

El estudio surge a razón de que la ciudad de Ayaviri, se desarrolla de una manera desordenada sin tomar en cuenta las coberturas vegetales, y por ende alterando la temperatura urbana; en tal sentido se plantea el objetivo de evaluar la temperatura superficial empleando imágenes satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri en el periodo (1990 – 2025); con procedimiento de obtencion de la data mediante la determinación de la temperatura superficial; el (NDVI); y la velocidad del viento; seguidamente mediante ello conocer la influencia del NDVI y la velocidad del viento en la temperatura superficial. En los resultados se encontró que la temperatura superficial varía entre 15.58°C a 18.64°C, presentando una tasa de cambio del 0.43% la cual es indicativo de que la temperatura superficial va en aumento; así mismo se encontró que la cobertura vegetal (escasa vegetación y vegetación dispersa y moderada) presentan una tasa de cambio entre -0.07%; -0.02% y -0.23 (decrecimiento), además la velocidad del viento presenta una tasa de cambio del -0.07% (decrecimiento), en donde se indica que mientras la temperatura superficial tiende a aumentar, la cobertura vegetal tiende a disminuir, generando una influencia inversamente proporcional; de igual forma se encontró que mientras la velocidad del viento tiende a decrecer, la temperatura superficial tiende a aumentar generando una influencia inversamente proporcional. It is concluded that the surface temperature of Ayaviri shows a tendency to increase.

Keywords: Surface temperature, satellite images, vegetation cover, wind speed.

INTRODUCCIÓN

Actualmente mayormente población mundial esta viviendo en urbes y la tendencia a seguir creciendo en las próximas décadas, la (ONU) afirman que el planeta está experimentando actualmente el mayor ritmo de expansión urbana de la historia (Boza, 2019). Numerosos efectos ambientales perjudiciales son causados por el proceso de urbanización (Lange, 2018), con especial atención a la creación de temperaturas anormalmente altas y la creación de Islas de Calor Urbanas (UHI), que prevalecen y son objeto de varios proyectos de estudio. En este sentido, los mismos Quispe & Revolo (2020) destacan que estas evaluaciones interdisciplinares son esenciales para el éxito de la monitorización de los entornos urbanos. Dado que las imágenes satelitales y las técnicas de teledetección tienen ventajas sobre los monitoreos in situ, como el minimo costo y la observación a enorme escala, que son cruciales para fines de monitoreo ambiental, la evolución de la investigación que involucra la expansión urbana y el empleo de la tierra ha crecido gradualmente, en particular desde su introducción (Reyes et al., 2024).

Con el fin de examinar los procesos del clima tanto a nivel local como global, la trascendencia de esta táctica también puede estar relacionada con las evaluaciones formativa de la temperatura superficial, ya que logra detectar patrones espaciotemporales de factores medioambientales (Álvarez, 2018).

Ante ello destacan el (NDVI), y la temperatura superficial (LST). Aunque pueden rastrear el cambio espaciotemporal de la cubierta terrestre (Kaur & Pandey, 2022), no hay muchos estudios que examinen sus relaciones, por lo que se requiere más estudios. El clima geográfica de las ciudades de tamaño

moderado se nutre de la investigación medioambiental sobre este tema (Condori, 2020).

Además, proporcionan beneficios significativos para identificar sus paisajes intraurbanos, lo que facilita una penetración más profunda de la asociación entre la naturaleza y la sociedad en la conformación del clima urbano (Arana, 2018). En ese contexto surge el desarrollo de la presente investigación titulado "Evaluación de la temperatura superficial empleando imágenes satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri".

Los cuatro capítulos que componen este esfuerzo de estudio son los siguientes:

El tema, la hipótesis y la justificación de la investigación se establecen en el Capítulo I, Introducción, en el que también se definen los objetivos del estudio.

En el Capítulo II se exponen los argumentos relativos al tema del estudio, las referencias, los fundamentos teóricos y el marco jurídico que han servido de base al presente trabajo.

La metodología del estudio se examina en el Capítulo III, en el que se detallan el diseño y el tipo de estudio, las metodologías, los instrumentos, la población y la muestra, y el tratamiento de la información.

En el Capítulo IV se presentan las conclusiones y una discusión de las mismas, respectivamente. Por último, en las conclusiones se incluyen sugerencias.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

Las ciudades del mundo están experimentando un incremento de la población, lo que ha provocado una gran demanda de viviendas. Para satisfacer esta demanda, los espacios verdes, como parques y jardines, están siendo sustituidos por condominios y edificios multifamiliares (Pereira et al., 2024). Este crecimiento demográfico también se vuelve en un mayor consumo energético por el uso de refrigerantes, lo que eleva los costos económicos y libera gases invernales a la atmósfera, elevando la temperatura del ambiente circundante (Angles, Flores, & Abi, 2020). Estos cambios en el clima urbano dan lugar al evento nombrado como isla de calor urbana, que implica una degradación ambiental que afecta al comportamiento de la contaminación atmosférica y a la pérdida de confort térmico en las zonas urbanas (Gonzales, 2022).

En el Perú, igualmente, se está originando un incremento de las zonas urbanas, lo que se traduce en la sustitución de espacios verdes por materiales como el hormigón y el asfalto, entre otros, que tienen un mínimo albedo y una mayor emisividad, provocando una enorme absorción de calor y un mayor calentamiento (Aguilar & Cabrera, 2024). Este aumento de la temperatura está creando la llamada isla de calor, que es un efecto bien conocido del cambio climático y es especialmente notable en las zonas urbanas. Hay que tener en cuenta que la alta densidad de población, la actividad socioeconómica, los cambios del suelo, el incremento de estructuras y el transporte de vehículos contribuyen a la sensación térmica Cacsire et al. (2023).

Particularmente en la ciudad de Ayaviri; no escapa a dicha realidad por que crece de una manera acelerada y de manera desordenada; alterando su temperatura urbana; provocado por las edificaciones sin planificación urbana; ahondando todo ello tampoco presentan muchas áreas verdes, La toma de acciones adecuadas para la adecuada y eficaz implantación de zonas verdes se ve dificultada por el importante déficit en la asociación entre el número de residentes y las zonas verdes presentes, lo que repercute en el calentamiento urbano. Otra cuestión es la falta de data sobre la conducta de la temperatura o islas de calor urbanas en la ciudad de Ayaviri.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento de la temperatura superficial empleando imágenes satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri en el periodo (1990 – 2025)?

1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Cuánto es la temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)?
- ✓ ¿Cuál es la influencia del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)?
- ✓ ¿Cuál es la influencia de la velocidad y dirección del viento en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)?
- ✓ ¿De qué manera la forestación puede aminorar la sensación térmica en la ciudad de Ayaviri?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la temperatura superficial empleando imágenes satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri en el periodo (1990 – 2025)

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Estimar la temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)
- ✓ Estimar la influencia del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)
- ✓ Estimar la influencia de la velocidad y dirección del viento en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)

- ✓ Proponer la forestación para aminorar la sensación térmica en la ciudad de Ayaviri.

1.4. Justificación de la investigación

Este estudio se justifica porque la ciudad de Ayaviri carece de políticas para la correcta implantación de espacios verdes, y los pocos espacios verdes que existen se están perdiendo con el paso del tiempo como consecuencia del abandono y la falta de asistencia técnica y criterios durante su implantación. Todo ello está contribuyendo al aumento de la temperatura (isla de calor).

Dado que las actividades humanas o antropogénicas están aumentando exponencialmente por el cambio de la cubierta vegetal por edificaciones insostenibles, es crucial conocer los niveles de temperatura superficial como indicador del cambio climático o calentamiento global. Esta investigación debe desarrollarse para que las autoridades competentes puedan tomar medidas y minimizar la isla de calor aumentando las zonas verdes.

Además, se realizará la investigación por que se centrara en la determinación de la temperatura con el propósito de comprender cómo influyen los factores como la cobertura vegetal, la urbanización y los contextos climáticos locales en la distribución del calor sobre distintas superficies; además esta información es clave para analizar la incidencia ambiental de las actividades antrópicas en el ambiente.

Del mismo modo mediante los resultados a obtener, permitirá brindar a las autoridades competentes una base de datos para que desarrolle propuestas concretas para mejorar el manejo del territorio, como la creación de espacios verdes, la elección de materiales de construcción más adecuados, o la

implementación de estrategias de mitigación del calor. Además, servirá como una base científica para apoyar políticas públicas orientadas a la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático.

Y finalmente la investigación se servirá como un referente, en donde se establecerá metodologías actualizadas y estructuradas que permita obtener datos confiables y representativos del entorno, recolectando los datos mediante el análisis de imágenes de satélite en distintos periodos de tiempo para observar variaciones térmicas y sus causales.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La temperatura superficial empleando imágenes satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri va en incremento en el periodo (1990 – 2025)

1.5.2. Hipótesis especificas

- La temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat varía entre 15°C a 20°C en el periodo (1990 – 2025)
- El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) influye significativamente en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)
- La velocidad y dirección del viento influye significativamente en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)
- La implementación de la propuesta de forestación en la ciudad de Ayaviri disminuirá significativamente la sensación térmica, al proporcionar sombra, favorecer la evapotranspiración y mejorar el microclima urbano.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

Procesamiento de Imágenes satelitales Landsat-. El procesamiento de imágenes satelitales Landsat es la variable que comprende el conjunto de técnicas y procedimientos aplicados a las imágenes obtenidas por los satélites de la misión Landsat con el fin de extraer información geoespacial confiable

1.6.2. Variable dependiente

Temperatura superficial-. La temperatura superficial es la variable que representa el grado de calor emitido por la superficie terrestre y captado por sensores térmicos satelitales. Corresponde a la energía radiante emitida por suelos, vegetación, infraestructura urbana y cuerpos de agua, expresada en grados Celsius.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UND	METODOLOGIA
Independiente		Landsat 5	---	
		Landsat 7	---	**Diseño de investigación**
	Imagen satelital Landsat	Landsat 8	---	
Imágenes satelitales Landsat		Landsat 9	---	
				No experimental
	Periodo de análisis	Año 1990 al año 2025	---	
Dependiente	Corrección de imágenes satelitales	Radiométrica	---	**Tipo de investigación**
		Atmosférica	---	
				Aplicativo
		Radiancia	$W m^{-2}$	

	Temperatura superficial de la ciudad	Reflectancia	nm
		Emisividad de la superficie	---
Temperatura superficial		Temperatura de la superficie	°C
	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	Banda 5	---
		Banda 4	---
	Viento	Velocidad del viento	m/s
		Dirección del viento	---
	Proyección futura al año 2030	Regresión lineal	---

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Pereira *et al.* (2024), **determinaron la asociacion de la temperatura urbana con la cobertura del suelo, en las localidades de Paracatu- Brasil.** Este estudio examina la incidencia entre la clase de cobierta vegetal, determinada por el (NDVI) (NDBI), y (TSM). Utilizando imágenes de los satélites Landsat y aplicando los cálculos, fue posible confirmar que el cambio en la TSM está asociado a la reducción de la vegetación debido al crecimiento urbano. El barrio Buen Pastor (29) presenta la mayor cambio de la TSM media a lo largo del tiempo, lo que puede atribuirse a esta eliminación. El barrio Jardin Europa (48) presentó menor variación en la media de este elemento, lo que también fue causado por el elemento vegetativo. Esto indica la importancia de los resultados para la gestión urbana.

Reyes *et al.* (2024), **analizarón la incidencia de zonas verdes en la temperatura superficial empleando teledeteccion en la localidad de Durango.** La superficie en metros cuadrados por residente se determinó separando los espacios verdes públicos y privados existentes en la ciudad. Las TS derivadas de imágenes de satélite Landsat 8 y los SIG se categorizaron por uso del suelo (urbano, masa hidrica, suelo desnudo y zona verde); tambien, se realizó un comparativo de las TS en tres clases diferentes de zonas verdes (plazas, parques, jardiines y medianas). Las regiones con mayor ocurrencia de temperatura a lo largo de las dos estaciones-invierno 2021 y primavera 2022- fueron determinadas analizando el comportamiento de la ST durante ambas estaciones. Los resultados mostraron una tendencia reguladora en las zonas verdes de creciente expansión (parques) y una menor TS en las zonas verdes en relación con el empleo del suelo urbano (zonas de hormigón, edificación y asfalto). El TS permitió analizar la temperatura en las areas urbanas con vegetación y demostró que las areas urbanas presentaban una mayor térmica

Caballero & Lopez (2023), **analiso la variabilidad de la Temperatura en el NDVI del área metropolitana de Asunción.** En consecuencia, el uso de datos espectrales de sensores distantes posibilita un estudio exhaustivo de la región a diversas escalas espaciotemporales. El objetivo de este estudio fue utilizar el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI) para analizar la variación de la cobertura vegetal y la Temperatura Superficial Terrestre (TST) en términos de área mediante un análisis multitemporal entre 1986 y 2011, considerando el alto crecimiento urbano en Asunción y sus alrededores. El IVN y la TST se calcularon mediante una técnica basada en la adquisición y el análisis de

fotografías satelitales Landsat 5TM. Como resultado, fue posible determinar que cada una de las categorías del IVN y la TST variaba con respecto a la región.

Gonzáles (2022), **analizo multiespectralmente por medio de imagenes satelitales lansat 8 para la estimacion de temperatura superficial de la localidad de Paipa Boyacá;** fueron utilizadas satelites para crear modelos de temperatura. El rango de temperaturas es de 9°C a 32°C. El cálculo de las temperaturas superficiales es factible gracias a la normalizaciión de las lecturas de temperatura en base a la temperatura superficial, lo que elimina la incidencia de la radiación solar. Encontrar máximos y minimoss en la temperatura de la superficie terrestre del municipio ayudaría a pronosticas y analizar eventos causados por el calentamiento gloobal, o cambios en la tempeeratura de la tierra, como se demostró en este estudio. La tactica se sugiere como una opcion de monitoreo que consiente apreciar la temperatura de la superficie terrestre mediante un conjunto de bandas térmicas, NIR y rojo visible

2.1.2. Antecedentes nacionales

Aguilar & Cabrera (2024), **determino la asociacion de las Islas de calor urbano en la cobertura vegetal de la localidad de Ilo, mediante análisis de imágenes sateelitales,** que, utilizando un estudio multitemporal de 2014 a 2021, arrojó los cuatro índices ambientales para la zona urbana de Ilo: NDVI, NDBI, BU y SAVI. Utilizando imágenes del satélite Landsat 8 e instrumentos contemporáneas como los (SIG), el fin principal de la metodología era estimar cómo afectaba el crecimiento de la población a un índice ambiental urbana. A continuación, se utilizó la metodología Split Window para crear algoritmos que apoyaran a detectar las islas de calor urbanas. Mediante la creación de mapas

temáticos pudimos identificar la temperatura terrestre y la cubierta vegetal, así como alcanzar los objetivos particulares del estudio. El análisis de asociacion de la temperatura y el NDVI arrojó un valor de 0,088, lo que indica una asociacion muy débil; la correlación entre la TST y el SAVI arrojó un valor de 0,083, lo que indica una asciacion positiva baja pero no nula; y la correlación entre la TST y el NDBI arrojó un valor de 0,3, lo que indica que a modo que aumenta la temperatura de la superficie terrestre también incrementa. Lo mismo ocurre con la densidad construida. La asociacion final entre TST y BU, que tiene un valor de 0,3, indica que presenta un vínculo lineal positivo pero que no es muy fuerte. También indica que la acumulación de elementos urbanos crece a medida que aumenta la temperatura superficial. Podemos concluir que a lo largo de los años procesados, la temperatura superficial terrestre fue superior a 30ºC. Esto significa que la temperatura de los elementos urbanos es mayor que la temperatura superficial relativa a los elementos urbanos. De acuerdo con el estado del arte actualizado, esto demuestra que toda la localidad de Ilo está localizada sobre una isla de calor urbano de tamaño considerable. Llegamos a la conclusión de que, dado que es imposible evitar la expansión de las áreas edificadas, es necesario contar con soluciones que aumenten la cantidad de espacio verde por metro cuadrado. Esto se debe a que la temperatura superficial terrestre y, en consecuencia, las Islas de Calor Urbanas (UHI), son causadas por un suelo más erosionado y una cubierta vegetal menos sa

Cacsire *et al.* (2023), **relacionarón el cambio de la cubierta vegetal y su variación de la temperatura superficial en la localidad de Villa Rica en el periodo 2001 al 2018.** Este estudio utilizó un diseño hipotético-deductivo, descriptivo y no experimental. Entre los métodos se utilizaron imágenes de

satélite de Landsat 5 y 8. Entre las herramientas utilizadas estaban Google Earth Engine y el software Arcgis, junto con un formulario de registro para la compilacion y el análisis de la data que se recogió de las fotos de satélite y que tenía atributos de imagen únicos, como el nombre del sensor, el código y el tiempo de captura, entre otras cosas. El estudio estuvo comouesta por dos fases: en la primera se recopiló información mediante un formulario de registro para extraer datos de imágenes satélite, y en la segunda se utilizó un armario para procesar las imágenes y extraer valores para cada variable. Utilizando imágenes Landsat de 2001 a 2018, se extrajeron los datos de las variaciones en la cubierta vegeetal y las variaciones de la temperatura superficiial. La superficie de la laguna tuvo regiones de vegetación baja durante 52.3% de la era 2001, pero el área con vegetación baja disminuyó 11.99% para el periodo 2018, según datos del programa Arcgis de cambio de cobertura vegetal. Las temperaturas en la superficie variaron entre 25 y 33 grados centígrados. Finalmente, utilizando la asociacion de Pearson para estimar el nivel de asociación entre ambas variables, el índice de asociacion determinó que ambas son inversamente proporciionales, lo que significa que, en este caso, cuanto mayor es la temperatura, menor es la temperatura en superficie.

Quispe & Revolo (2020)**, determino la temperatura superficial y estado vegetal del bosque de *Polylepis spp*, - San Marcos de Rocchac - Huancavelica;** Se emplearon nueve fotos del satélite Landsat 8 OLI/TIRS Sensor como parte del enfoque, que se evaluó mediante teledetección utilizando la hipótesis estadística t student y la correlación r de Pearson. La asociación media de nueve imágenes clasificadas. En resumen, TVX verificó el impacto de la temperatura sobre el estado de la masa vegetal a lo largo del tiempo,

confirmando que no había correlación estadística durante los nueve meses de seguimiento, pero que existe correlación de media entre las nueve imágenes categorizadas en Jenks Natural Breaks.

Boza (2019), **determino la incidencia de la cobertura vegetal en la temperatura superficial en Chiclayo durante 2001-2016,** Utilizando el sensor MODIS, el objetivo fue confirmar el impacto de la temperatura superficial en la cubierta vegetal en Chiclayo (AMCH) entre 2001 y 2016. Los resultados mostraron un valor p de 0,02 y 0,004 para la asociaciacion entre la temperatura y el NDVI-EVI,. En el vínculo entre la temperatura superficial y la cubierta vegetal, la mayor correlación positiva entre la TSM y el NDVI oscila entre 0,1 y 0,58 en las zonas rurales y entre 0,0003 y 0,06 en las zonas urbanas. Los valores correspondientes son 002 y 0,004 para la asociación entre temperatura superficial y NDVI. La TSM y el EVI son algo inferiores en las zonas urbanas (de 0,000000002 a 0,06) y en las rurales (de 0,1 a 0,57).

2.1.3. Antecedentes locales

Melo (2024), **determino las tendencia de calor urbano y su asociacion con la cobertura vegetal de la ciudad de Juliaca - Puno, periodo 2015 - 2023.** Examinar la tendencia de la isla de calor urbana y cómo se relaciona con la evolucion del índiice diferencial de vegetación normalizado en Juliaca, Puno, entre 2015 y 2023. fueron evaluados utilizando los programas R-Studio y QGis El (USGS) proporcionó las fotos aéreas Landsat 8 de la colección 1 que fueron utilizadas como material fuente. Se empleó el índice de diferencia normalizada de la cubierta vegeetal (NDVI) para determinar la cantidad de cubierta veegetal, y se empleó la técnica Split-Window para determinar la isla de calor urbano o la

temperatura superficial. Lo resultante muestran que a lo largo de los nueve años de investigación, las zonas verdes de la metrópoli metropolitana de Juliaca variaron en -49,43 Ha y cambiaron a una tasa de -50,04%. Las áreas verdes durante los nueve años del estudio mostró una variación de +11,6 °C para la temperatura superficial máaxima y de 14,7 °C para la temperatura superficial baja. Esto sugiere que la prueba estadística obtuvo un valor de significación de p-valor <0,008 para las áreas verdes, y un valor de p-valor de <0,098 para islas de calor urbano comparados con las temperaturas superficiales, en comparación con el valor alfa de 0,05 es mayor. Se determina que, si bien la atenuación de los espacios naturales en la ciudad de Juliaca ha disminuido, la población urbana se ha incrementado, dando como resultado un aumento estadísticamente significativo de las islaas de calor urbanas durante los últimos nueve años.

Condori (2020), **identifico islas de calor por medio del empleo de imágenes satelitales desde el 2014 al 2020 en la ciudad de Juliaca**"; Los datos fueron adquiridos del programa (USGS) y procesados utilizando el software Arcgis 10.5 para efectuar una evaluación espacial multitemporal del canbio de las islas de calor. Se identificaron seis islas de calor, incluyendo la zona industrial a la salida de Puno, el aeropuerto Inca Manco Cápac, el centro comerciial Plaza Vea,la estación de tren, el cerro Huaynaroquem la capilla del Parque Cholo. Los resultados indicaron que la temperatura superficial de las zonas urbanas aumentó entre 2014 y 2020. Lo resultante también contrastan con otros factores las calles, el aumento de las viviendas de hormigón, el incremento del número de vehículos y la falta de espacios verdes. El NDVI reveló que entre 2014 y 2020 aumentó el número de zonas urbanas, mientras que disminuyó el de zonas con vegetación. Además, la presencia de colinas desnudas, superficies

rocosas o arenosas y superficies de color oscuro crearon islas de calor negativas que tienen caracteristicas térmicas y caloríficas más cálidas en el día que las areas urbanas, que suelen encontrarse en areas semiáridas. El viento aumentó, y se observó cierta relación entre estas variables en la comparación de temperaturas de la estación meteorológica.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Área urbana

Las regiones urbanas, a veces denominadas «ciudades», se definen de diversas maneras. Previamente, Porras (2018) identifica a los sectores de urbes como las grandes componentes que concentran que están relacionadas con el transporte, las industrias, el comercio, la educación poblacional, la administración o meramente habitar en la ciudad y que no están, al menos no inmediatamente, interesadas en obtener materias primas, alimentos, textiles o comodidades en específico.

Según Arana (2018), una ciudad es un conjunto de personas cuyo principal medio de subsistencia es la concentración de tipos de mano de obra no relacionados específicamente con la agricultura, sino más bien con el comercio y la industria.

El MVCS establece que las ciudades pueden clasificarse en función de su población (magnitud demográfica) (MVCS, 2015).

- **Metrópoli:** cuando es monocéntrica, tiene una densidad promedio mínima de 2000 personas por km2, cuenta con una población de al menos un millón de personas y está dispersa en un área comparativamente pequeña.

- **Ciudades Intermedias:** La principal razón por la que las ciudades se consideran intermedias es su función en los numerosos procesos políticos, económicos y culturales de la región; es decir, actúan como puente entre las vastas regiones rurales y los grandes centros de toma de decisiones.

- **Centro Poblado:** Su población, que apenas supera los 2.000 habitantes, es lo que las define.

Tabla 2

Clasificación de las ciudades según número de habitantes.

Clasificación de las Ciudades	Magnitud demográfica	
	Según tamaño de población en el Sistema Urbano Nacional	Según población de referencia que alcanzaría en el año
Metrópoli nacional	> 1 000 000	>10 000 000 a más
Metrópoli regional	500 000 - 1 000 000	1 000 000 a más
Ciudad mayor	---	250 000 - 999 999
Ciudad Intermedia	5 000 - 20 000	100 000 -249 999
Ciudad menor	20 000 - 5 000	20 000 - 99 999
Centro poblado (de ámbito rural)	< 2 000 habitantes	---

Nota. Obtenido del (MVCS, 2015)

2.2.2. Crecimiento urbano

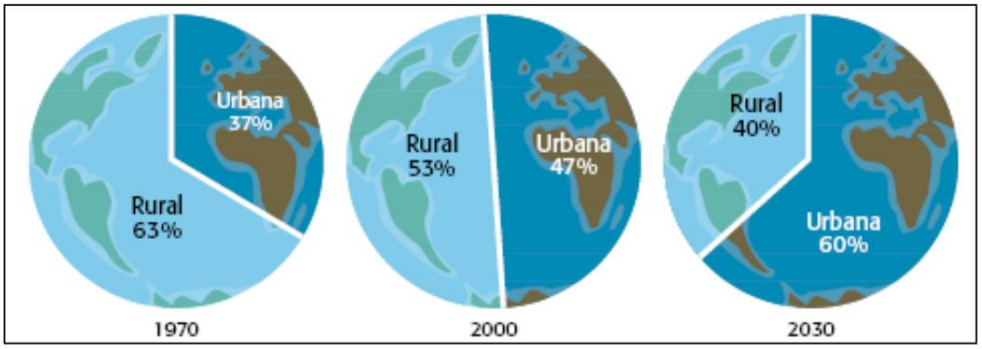
Como sistema dinámico, las ciudades experimentan un desarrollo y una transformación continuos, convirtiendo con el tiempo más superficie natural en espacio urbano (Pacheco, 2020).

Además de un aumento numérico, el crecimiento urbano también se refiere a una serie de movimientos y cambios provocados por los intentos de las personas de averiguar dónde encajan en el complicado mundo de las ciudades.

El proceso de crecimiento urbano implica la creación de nuevas zonas, el aumento de profesiones y ocupaciones, y el incremento del costo de los inmuebles que conlleva la expansión urbana. Todos estos factores pueden medirse en términos de cómo cambia el estatus de las personas en relación con los demás y con la comunidad en general (Pacheco, 2020).

Figura 1

Distribución de la población mundial – urbana y rural.



Nota. Obtenido de (Angeles, Angeles, Flores, & Abi, 2019)

Últimamente se han originado un notable incremento del número de ciudades en todo el mundo (Figura 1). En la década de 1900, más del 31% de las personas viven en regiones rurales; sin embargo, dada la continua expansión de las areas urbanas, se prevé que en los cercanos años las poblaciones urbanas representen más del 50% de la población mundial (Arellano & Roca, 2015).

Superior a la mitad de la población de América Latina reside en ciudades, continuando el patrón mundial de expansión de la población tanto en áreas urbanas como rurales. La zona, mayoritariamente urbana, carece de los requisitos previos fundamentales para dar cabida a la gran concentración de

población en sus ciudades debido al rápido aumento de la urbanización (KenyaAvdan & Jovanoyska, 2016)

2.2.3. Clima urbano

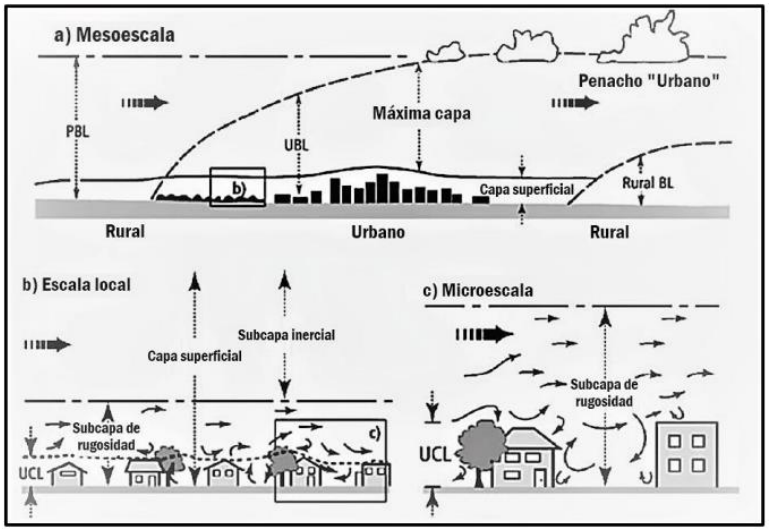
Se puede caracterizar como los patrones climáticos que persisten en las zonas urbanas y que suelen diferir de los de las regiones rurales; el clima urbano tiene un impacto directo en las condiciones atmosféricas y es el resultado de la transición del terreno natural al urbano (Soberón y Obregón, 2016). Los espacios verdes y las masas de agua poseen un impacto significativo en el clima general de las ciudades. Esto se debe a las diferentes características de la superficie urbana, la pliegue causada por la infraestructura, la intrincación de los flujos energeticos, el impulso y otras características físicas de la zona urbana (Bellet & Olazabal, 2020).

- **Mesoescala-.** De acuerdo con las distintas intensidades y variedad de las variables ambientales y espaciotemporales incluidas en esta escala, se determinan regiones rurales-urbanas y semiurbanas (Boyero et al., 2019).
- **Escala local y micro-.** Según Boyero et al. (2019), está definida por capas límites de convectiva que abarca la superficie y los edificios, así como las condiciones meteorológicas, las caracteristicas de la superficie del terreno y los eventos relacionados con la turbulencia.
- **Microescala-.** El desplazamiento de aire y elementos en la capa convectiva es impredecible y típicamente muy alborotador (especialmente durante las horas diurnas), y variacion espacio-temporal es enérgico debido al contraste en flujos radiativos que se

originen en el territorio urbano (Boyero et al., 2019). Esta graduación está más acotada e incluye eventos atmosféricos más cercanos a la tierra.

Figura 2

Estructura de la capa límite urbana



Nota. Obtenido de (Boyero, y otros, 2019)

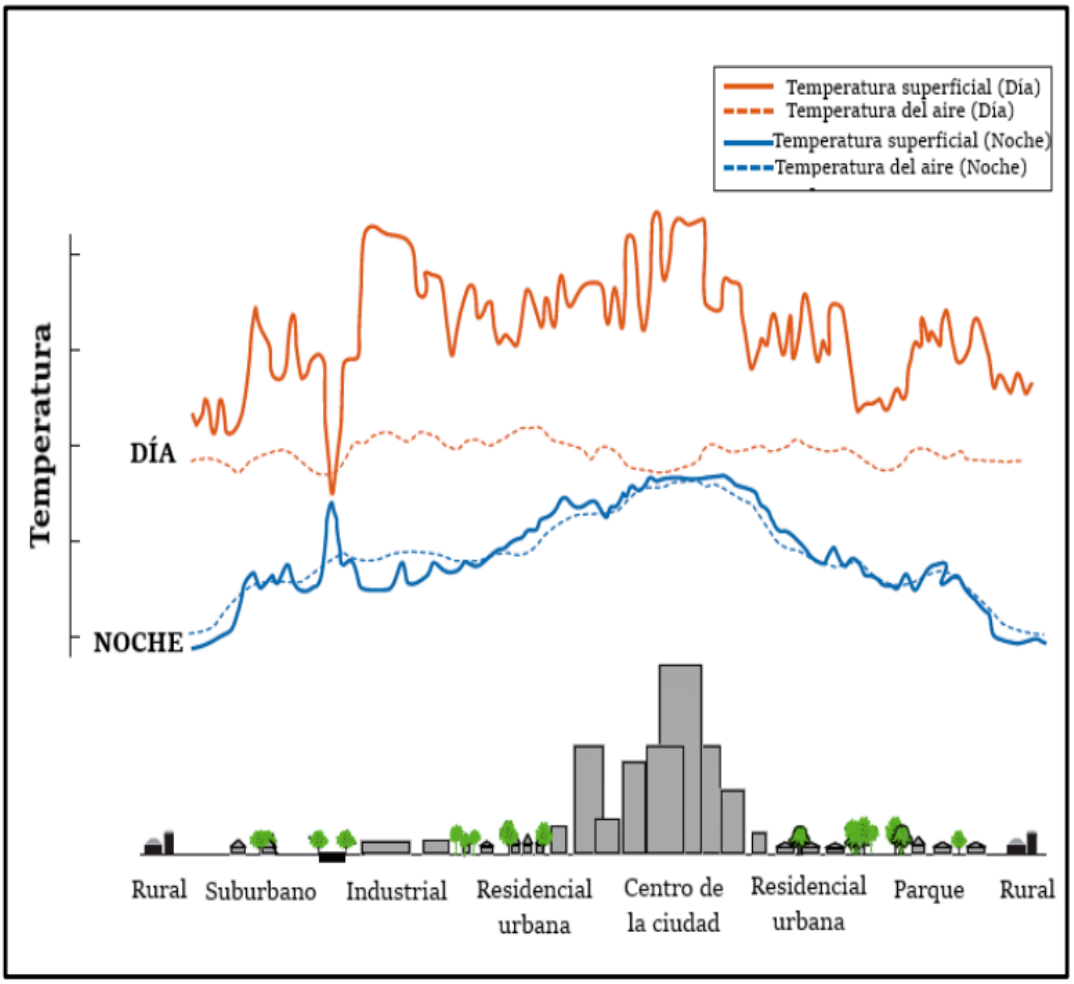
2.2.4. Isla de calor urbano

El calor liberado de estructuras, las características y la estructura superficial, la cubierta vegetal, la densidad de población y los contexto climáticas están estrechamente relacionadas con las islas de calor urbanas, que son eventos acumulativos de calor provocados por la actividad humana y la construcción urbana (Yang, Qian, Song y Zheng, 2016). Casi todas las ciudades experimentan este fenómeno, y su intensidad varía en función del tamaño y la población de localidades. Se han identificado dos clases de islas de calor urbanas: islas de calor atmosféricas y de superficie urbana (Moreno y Serra, 2016). Los científicos emplean tácticas directas e indirectas, modeladores numéricos y esimadores en base en modelos empíricos para identificar las UHI.

Para estimar la temperatura superficial, los estudiosos emplean la teledetección, un método de medición indirecta; a continuación, crean imágenes térmicas utilizando los datos que adquieren (EPA, 2008).

Figura 3

Variaciones de la temperatura superficial y atmosférica



Nota. Obtenido de (EPA, 2008)

2.2.4.1. Tipos de isla de calor urbano

a) Isla de calor urbano superficial

Este evento, que se basa en el diferencial de temperaturas de la superficie terrestre entre zonas urbanas y rurales más próximas a la ciudad, suele estar causado por la composición superficial urbana

(aceras, paseos, tejados, estructuras, etc.). Serra y Moreno (2016). Aunque suelen estar presentes de día y noche, las islas de calor superficiales urbanas suelen ser más intensas durante el día, cuando el sol sale (EPA, 2008). Las variaciones estacionales de la intensidad solar, la cobertura terrestre y el clima inciden en el tamaño de las islas de calor urbanas superficiales. Debido a esta fluctuación, las islas de calor urbanas superficiales en verano tienden a ser mayores (Castro, Leiva, Bolados y Figueroa, 2018).

b) Isla de calor urbano atmosférica

El diferencial de temperatura del aire entre las regiones urbanas y rurales está representado por las islas de calor urbanas superficiales (Moreno y Serra, 2016). Existen 2 clases de islas de calor urbanas (EPA, 2008):

- El aire donde residen las personas, desde la superficie hasta por debajo de tejados y árboles, se conoce como capa de dosel de las islas de calor urbano.
- Las islas de calor de nivel límite se desarrollan desde los tejados y las copas arboreas hasta el punto en que la atmósfera deja de estar influida por los paisajes urbanos. Por lo general, esta zona se encuentra a una milla superficial.

Tabla 3

Clasificación de las ciudades según número de habitantes.

Característica	ICU superficial	ICU atmosférica
ICU atmosférica	• Presente en todo momento del día y noche • Más intenso durante el día y en el verano	• Puede ser pequeño o inexistente durante el día • Más intenso por la noche o antes del amanecer y en el invierno
Intensidad máxima (Mayores condiciones de intensidad de ICU)	• Más variación spacial y temporal: Día: 10 a 15°C Noche: 5 a 10°C	• Menos variación Día: -1 a 3°C Noche: 7 a 12°C
Identificación típica Método	• Medición indirecta: Teledetección	• Medida directa: Estaciones meteorológicas fijas Travesías móviles
Representación típica	• Imagen térmica	• Mapas de isotermas • Gráficos de temperaturas

Nota. Obtenido de (EPA, 2008)

2.2.4.2. Causas de la isla de calor urbano

Los altos niveles de almacenaje de calor en el día, la produccion antropogénica de calor, la reducción de la evaporación, la reducción de la pérdida de calor sensible, el incremento de la radiación, la reducción de la pérdida de calor en la noche mediante la irradiación y el incremento de la radiación de onda larga son las principales causas del evento de la isla de calor urbana, según Moreno y Serra (2016).

Las siguientes variables suelen afectar al desarrollo de las islas de calor urbanas, según la EPA (2008):

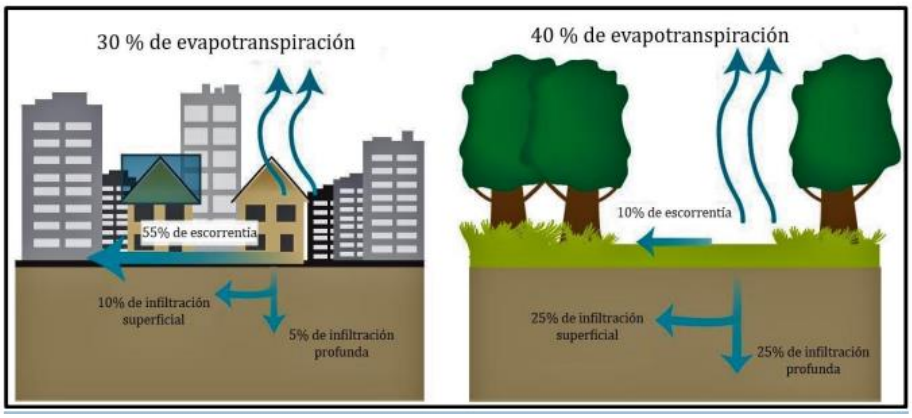
a) Reducción de vegetación en áreas urbanas

La vegetación suele encontrarse en las regiones rurales, donde los árboles y otros tipos de vegetación proporcionan servicios ecosistémicos

como producir sombra o controlar la temperatura aire mediante la evapotranspiración, un causa en el que las plantas libran agua a la atmósfera para disipar el calor. Las zonas urbanas se calientan más cuando su cubierta cambia a suelo pavimentado, y la falta de vegetación reduce la evapotranspiración atmosférica, crea una rapida escorrentía del agua de las precipitaciones y drena el agua de la superficie del suelo. Todos estos factores contribuyen al incremento del calor y a la aparición de islas de calor urbanas (Bellet y Olazabal, 2020).

Figura 4

Superficies impermeables y evapotranspiración reducida



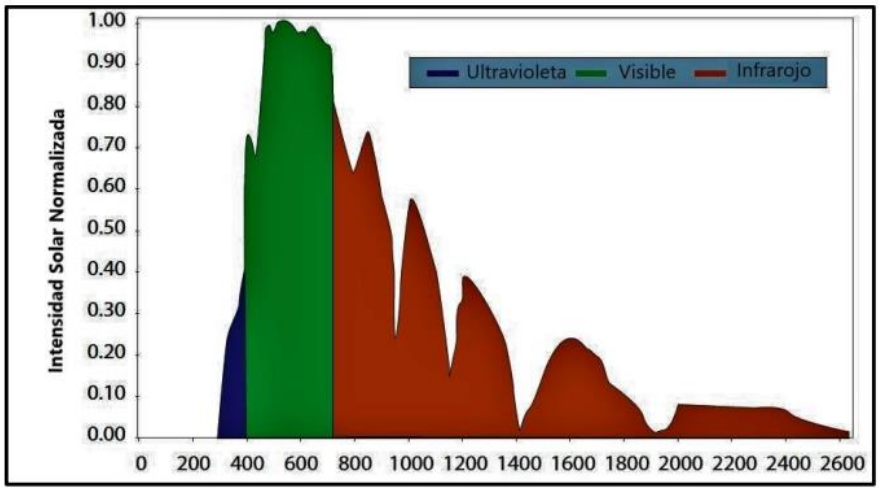
Nota. Obtenido de (EPA, 2008)

b) Propiedades de los materiales urbanos

Dado que afectan a la forma en que se refleja, emite y absorbe la energía solar, las características de los materiales de la ciudad -específicamente, la reflectancia solar, la emisividad y el potencial térmica- también afectan a la alineación de islas de calor urbano (Boyero et al., 2019).

Figura 5

Energía solar versus longitud de onda de la Tierra



Nota. Obtenido de (EPA, 2008)

c) Geometría urbana

El tamaño y la disposición de los edificios dentro de una ciudad se conoce como geometría urbana, y afecta a la absorción de energía, el flujo del viento y la capacidad de una superficie para irradiar radiación de onda larga de vuelta al area. En las zonas prósperas, los edificios y otras estructuras suelen obstruir las superficies y estructuras, creando grandes masas térmicas que difícilmente liberan su calor (EPA, 2008).

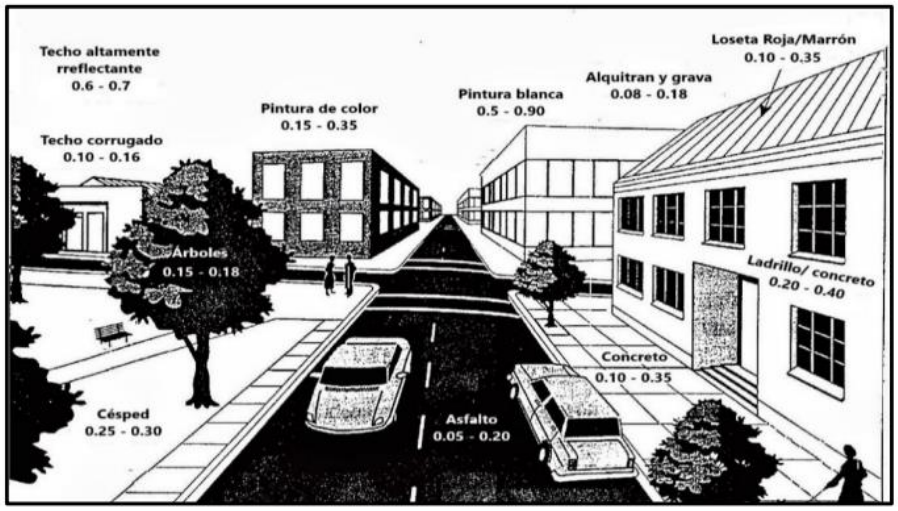
d) Calor antropogénico

Las infraestructuras y actividades urbanas influyen en el calor antropogénico; los edificios consumen más energía y el transporte genera más calor. El calor antropogénico desempeña un papel decisivo en la espacio de islas de calor urbanas en regiones densamente pobladas durante el invierno y a lo largo de todo el año. El calor antropogénico, que puede proceder de diversas fuentes y se calcula sumando toda la energía consumida para operaciones industriales, electrodomésticos, transporte y

calefacción y refrigeración, es un componente de las islas de calor atmosférico (Medina, 2018).

Figura 6

Materiales y albedo urbano



Nota. Obtenido de (EPA, 2008)

e) Factores adicionales

La creación de islas de calor urbanas se ve incidida significativamente por la ubicación y el clima. Los residentes pueden hacerse una idea del impacto que tienen estos elementos, aunque las comunidades tengan poca influencia sobre ellos (Boyero et al., 2019).

2.2.5. Teledetección

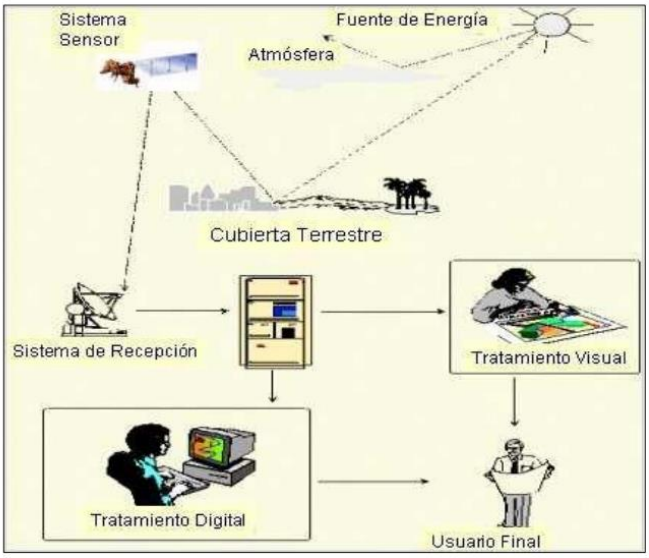
El término teledetección, que se traduce fielmente como «percepción remota» en inglés, describe la ciencia, el método e incluso el «arte» para algunas personas de recopilar datos de la superficie del planeta a trayecto sin entrar en contacto directo con ella (Cui, Yan, Hong, & Ma, 2017). La tecnología conocida como teledetección nos permite obtener datos de cosas situadas en la superficie terrestre a distancia; sin embargo, para que

esto sea factible, debe existir algún contacto entre los elementos y el sensor (Bellet & Olazabal, 2020).

El estudio y la medición de las propiedades de un elemento sin contacto físico se conoce como teledetección. En este contexto, se miden las perturbaciones que el esencia genera en su entorno, primordialmente de la clase electromagnético (Fuentes, 2018). Tambien, la teledetección engloba toda la labor que se realiza a posteriori, como el proceso y la interpretación de la data. La toma de imágenes desde satélites o plataformas de helicópteros aviones o drones es el tipo de teledetección más popular (Bustamante, 2018).

Figura 7

Materiales y albedo urbano



Nota. Obtenido de (EPA, 2008)

2.2.6. Imágenes satelitales Landsat

Según Arellano y Roca (2015), el programa Landsat es el conjunto de satélites estadounidenses que posee la trayectoria más larga para la adquisición de imágenes de nuestro mundo. Su uso generalizado por

profesionales de muy diversas áreas en todo el mundo puede explicarse por sus sensores de alta resolución, el carácter global y habitual de las observaciones que efectúan y su fuerte mercadeo (Jami, Belén, Padilla, & Kirby, 2018).

Tabla 4

Características de los satélites Landsat

Satélite	Lanzamiento	Notas
Landsat 1	1972	Fue el primero de la serie y estuvo a cargo de la NASA durante más de tres años. Incluía un escáner multiespectral (MSS) con 4 canales.
Landsat 2	1975	Fue operado por la NASA durante casi siete años y tiene características similares a las de Landsat 1.
Landsat 3	1978	Utilizaba la misma arquitectura que Landsat 2 y fue operado por la NASA durante casi cinco años. Se instaló un sensor de banda térmica, pero este dispositivo funcionó mal poco después del lanzamiento del satélite EOSAT (Earth Observation Satellite Company). Se incluyó por primera vez un sensor Thematic Mapper (TM) de 7 bandas, que incluía un sensor de temperatura.
Landsat 4	1982	EOSAT lo operó y envió más de 25 millones de imágenes.
Landsat 5	1984	A pesar de haber sido lanzado el 5 de octubre de 1993, no logró entrar en órbita.
Landsat 6	1993	Todavía está en funcionamiento y dispone de una banda pancromática con una resolución espacial de 15 m. Sin embargo, en mayo de 2003, una avería en el Corrector de Líneas de Barrido (SLC) hizo que disminuyera la calidad de las imágenes. Lo opera el USGS.
Landsat 7	1999	En funcionamiento desde febrero de 2013 Combina dos sensores: el sensor infrarrojo térmico (TIR), que tiene dos bandas, y el Operational Land Imager (OLI), que tiene nueve bandas, incluida una pancromática.
Landsat 8	2013	Fecha de lanzamiento fijada provisionalmente para diciembre de 2020 La NASA lo construirá y el USGS supervisará sus datos.
Landsat 9	2020	Fue el primero de la serie y estuvo a cargo de la NASA durante más de tres años. Incluía un escáner multiespectral (MSS) con cuatro canales.

2.3. Marco conceptual

a) **Área urbana-.** Es la localización del establecimiento de grandes ciudades; la industrialización caracteriza las regiones urbanas, mientras que la naturaleza domina las rurales. vastas áreas con una alta concentración de explotaciones agrícolas (Bustamante, 2018).

b) **Isla de calor urbano-.** Este fenómeno ocurre en las zonas urbanas cuando la actividad humana provoca que las temperaturas se eleven por encima de las de las regiones circundantes (Arellano & Roca, 2015).

c) **Temperatura superficial-.** Según Cui et al. (2017), es una medida del calor de la superficie terrestre causado por la absorción y reemisión de la radiación solar.

d) **Imágenes satelitales-.** Los satélites de vigilancia de los recursos naturales viajan de norte a sur a una altura de unos 700 km. Están equipados con una serie de sensores que registran la energía solar reflejada por la superficie terrestre y la dividen en distintas bandas del espectro electromagnético. A medida que el satélite se desplaza por el espacio, "observa" líneas de componentes minúsculos que, dispuestos uno al lado del otro, crean lo que se conoce como imágenes de satélite (Córdova y Sánchez, 2020).

e) **Sistemas de información geográfica-.** asistido por computadora que consiente la recogida, archivo, tratamiento y análisis de la data geográficos, así como su visualización y salida, para su posterior utilización de acuerdo con necesidades particulares (Pozo, 2018).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación

Es NO EXPERIMENTAL, porque el investigador no generara una situación para tratar de analizar sobre su afección hacia quien participa en ella (Hernandez & Fernandez, 2018).

3.2. Tipo de la investigación

Es DESCRIPTIVO es un enfoque utilizado para observar, describir y analizar fenómenos tal como se presentan, sin intervenir ni manipular variables (Hernandez & Fernandez, 2018).

3.3. Nivel de la investigación

Además de definir o aproximarse al problema, el nivel de estudio es de carácter EXPLICATIVO ya que pretende detectar sus razones y demuestra una relación causal (Hernandez & Fernandez, 2018).

3.4. Enfoque de la investigación

A razón de que se analizarán eventos medibles, es de un enfoque CUANTITATIVO.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Una población es un conjunto de personas, personas o cosas que cumplen ciertos razonamientos (Hernandez & Fernandez, 2018).

Ante ello en el estudio la población en estudio está conformada por la ciudad de Ayaviri

3.5.2. Muestra

Se ha establecido un muestreo no probabilístico por conveniencia del ante ello la muestra en estudio esta dado por un criterio no probabilístico; por ello que la muestra está considerada por el procesamiento de imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025), para determinar la temperatura superficial en la ciudad de Ayaviri.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

- ✓ **Revisión bibliográfica**

  Con ayuda de la revisión se elaboró un bosquejo de las ideas principales que constituyeron la base teórica DEL ESTUDIO (Mejía, 2005).

- ✓ **Observación Directa**

  suele ser el mejor método para medir algo. Ante ello el que investiga elige la gestión que le interesa y crea un procedimiento sistemático para reconocerlo, categorizarlo y registrarla en un escenario preparado o natural (Mejía, 2005).

3.6.2. Instrumentos

Córdova (2018), Formas virtuales o físicas utilizadas por el estudiador para compilar información que conduzca a evaluar una o más variables» es lo que emplea el investigador. En consecuencia, se emplean las siguientes herramientas:

- Software ArcGIS
- Software ArcGIS
- Software Google Earth

3.7. Materiales y equipos

a) Materiales

- ✓ Imágenes satelitales
- ✓ Catastro de la ciudad de Ayaviri
- ✓ Materiales de escritorio
- ✓ Cuaderno de apuntes

b) Equipos

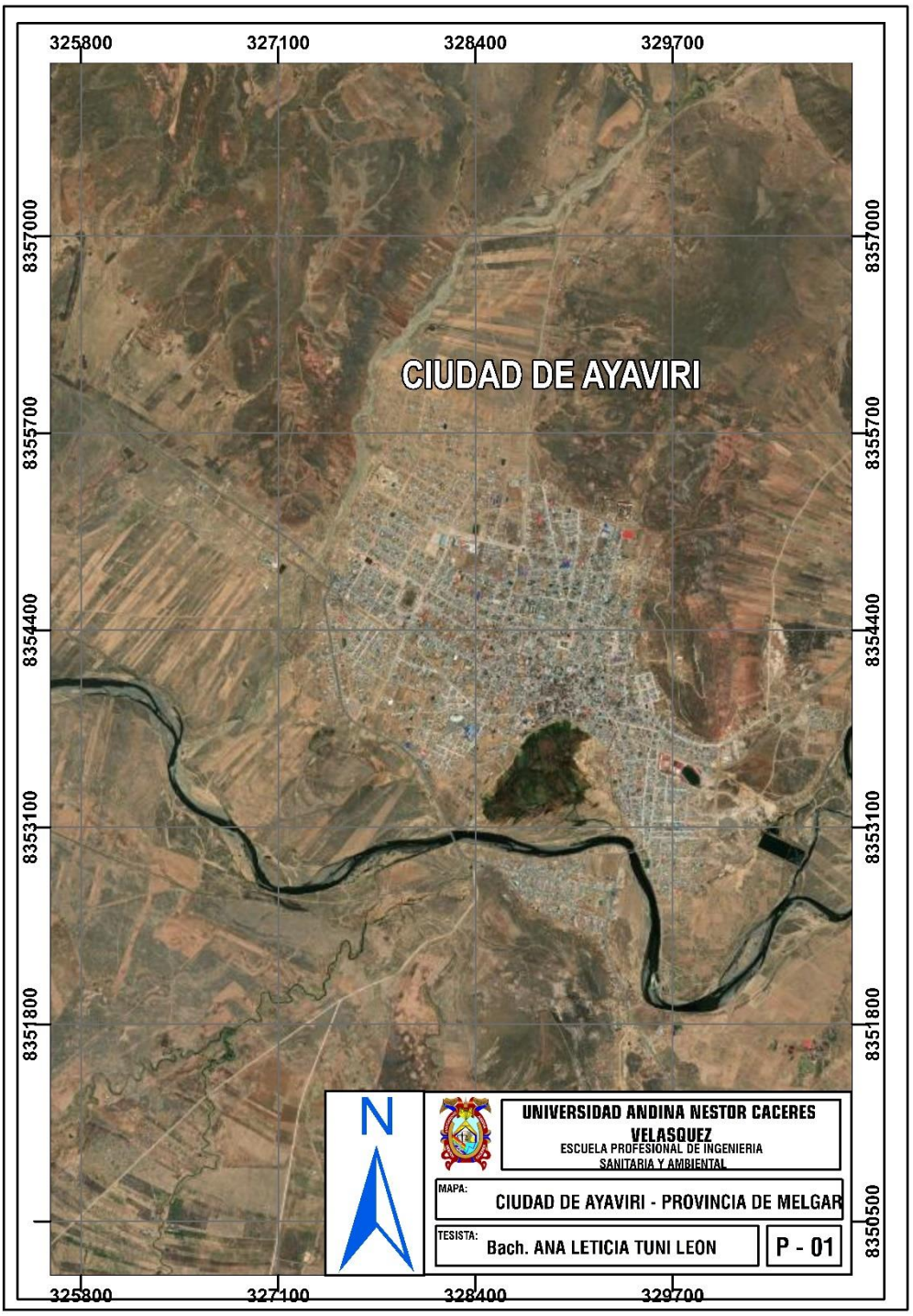
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Laptop

3.8. Ubicación de la zona en estudio

El área de investigación está ubicada en la ciudad de Ayaviri – Provincia de Melgar en las coordenadas geográficas de Latitud: 14°52'56.39"S y Longitud: 70°35'15.53"O a una altitud de 3977 m.s.n.m

Figura 8

Ubicación del área en estudio



3.9. Procedimiento metodológico

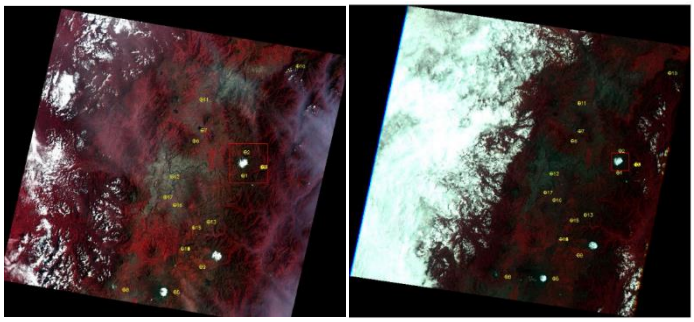
3.9.1. Estimar la temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)

a) Adquisición de las imágenes satelitales

Para seleccionar el cuadrante que abarca la ciudad de Ayaviri, se obtuvieron y descargaron imágenes de satélite Landsat del sitio web (USGS). Las imágenes de satélite se descargaron desde 1990 hasta 2025 (un total de 35 años) y presentan condiciones convenientes, como una baja nubosidad y un clima apropiado, como la estación seca.

Figura 9

Imagen satelital Landsat

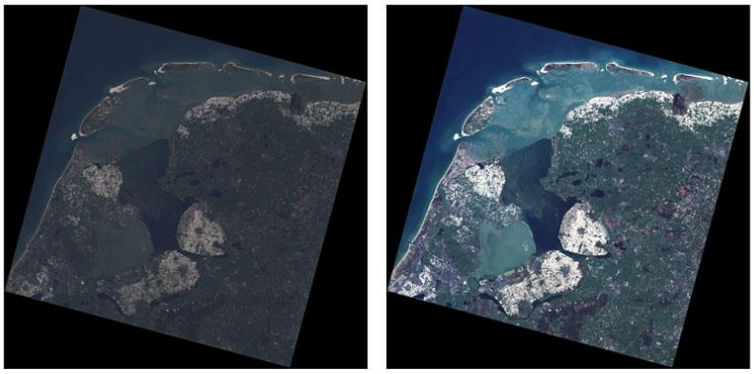


Nota. obtenido de (Cabrera & Vega, 2022)

Por lo tanto, para excluir las perturbaciones de la atmosfera, se efectuó la corrección atmosférica de imágenes de satélite logradas. En este sentido, además se puede decir que sirve para minimizar la contribución atmosférica a los valores de cada píxel de la imagen de satélite, lo que minimiza el efecto de los aerosoles y del vapor de agua (humedad), todos ellos minimizados por la caja de corrección atmosférica. Todo esto se consigue utilizando la caja «ArcToolbox-Landsat 8-Atmospheric Correction», que permite evaluar cada imagen de satélite con mayor claridad y detalle.

Figura 10

Corrección atmosférica



Nota. Obtenido de (Cabrera & Vega, 2022)

b) Procesamiento de imágenes satelitales

- **Conversión de ND a Radiancia**

Para convertir los dígitos digitales en radiancia se utilizó el SCP del programa Qgis. La transformación se basa en el enfoque de los coeficientes calibrados (logros y compensaciones), que emplea la siguiente ecuación:

$$L\lambda = ML * Qcal + AL$$

Donde:

$L\lambda$**:** Radiancia espectro

$Qcal$**:** Valores de pixel (1329.24 "1990" **-** 1327.14 "1995" **-** 1328.15 "2000" **-** 1331.13 "2005" **-** 1329.15 "2010" **-** 1332.15 "2015" **-** 1325.14 "2020" **-** 1326.24 "2015").

ML**:** Factor multiplicativo de reescalamiento específico (799.02 para Landsat 5, 6 y 7, y 810.013 para Landsat 8 y 9

AL: Factor aditivo de reescalamiento determinado (273.15).

- **Conversión de radiancia a reflectancia de superficie**

Para ello se utilizó el plug-in SCP, incluido en el programa Qgis, con el fin de eliminar cualquier posible interferencia atmosférica que pudiera experimentar el sensor.

- **Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)**

Para ello, se aplicó la siguiente ecuación a las fotos del satélite Landsat utilizando la ventana ArcMap, la interfaz ArcToolbox -Spatial Analyst Tool del programa ArcGIS. Se seleccionó la opción raster calculator.

$$\boldsymbol{NDVI\ (L8) = \frac{\rho_{b5} - \rho_{b4}}{\rho_{b5} + \rho_{b4}}}$$

Donde:

$\boldsymbol{NDVI}$: Índice de vegetación de diferencia normalizada

$\boldsymbol{\rho_{b5}}$**:** Reflectancia en la banda 4

$\boldsymbol{\rho_{b2}}$**:** Reflectancia en la banda 5

La salida de la expresión produjo un ráster de valores que van de -1 a +1, que luego se clasificaron en función de los juicios adecuados para cada índice de vegetación. Según Álvarez (2018), los valores umbrales de vegetación para el NDVI se emplazan normalmente entre 0,2 y 1. Las cubiertas vegetales densas y en excelente estado se encuentran por encima de 0,6, mientras que las masas de agua se representan con valores inferiores a 0 y los píxeles de nubes y sombras con valores entre 0 y 0,09-0,1.

- **Cálculo de la proporción de vegetación**

El NDVI se utilizó para determinar los valores del porcentaje vegetativo, que fueron útiles para estimar la emisividad. Se utilizó la siguiente fórmula para obtener los valores máximo y mínimo del NDVI utilizando el histograma de los valores del NDVI:

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVImin}{NDVImax - NDVImin}\right)^2$$

Donde **NDVImin** y **NDVImax** son productos mínimos y máximos de la carta de NDVI que se generaran precedentemente (-1 a 1)

- **Determinación de la emisividad de la superficie**

Mediante la siguiente fórmula, se calculó la emisividad a partir de las lecturas del potencial vegetativo y se utilizó para calcular la temperatura.

$$\boldsymbol{\varepsilon\lambda = 0.004 * Pv + 0.986}$$

Donde:

$\boldsymbol{\varepsilon\lambda}$**:** Emisividad de la superficie

Pv: Proporción de vegetación

- **Conversión de radiancia a temperatura de brillo**

Los valores de radiancia de la banda 10 se utilizaron para determinar los valores de temperatura, que luego se calcularon utilizando las constantes calibradas de cada imagen. Se utilizó la siguiente fórmula para obtener la temperatura de brillo del sensor empleando el complemento SCP en el programa Qgis:

$$TB = \frac{K2}{ln\left(\left(\frac{K1}{L\lambda}\right) + 1\right)} - 273.15$$

Donde:

$\boldsymbol{TB}$**:** Temperatura del sensor

$\boldsymbol{K2}$**:** Constante de conversión térmica (0.004)

$\boldsymbol{K1}$: constante de conversión térmica específica (0.986)

$\boldsymbol{L\lambda}$: Radiancia espectro

- **Determinación de la temperatura de la superficie**

Utilizando la siguiente fórmula, se calculó la temperatura superficial utilizando la data de temperatura de brillo y emisividad:

$$\boldsymbol{Ts} = \frac{\boldsymbol{TB}}{\left(\mathbf{1} + \left(\boldsymbol{\lambda} * \frac{\mathbf{TB}}{\boldsymbol{\rho}}\right) * \boldsymbol{ln\varepsilon\lambda}\right)}$$

Donde:

$\boldsymbol{Ts}$**:** Temperatura superficial.

$\boldsymbol{TB}$**:** Temperatura del sensor

$\boldsymbol{\lambda}$**:** Longitud de onda (λ = 10.895).

$\boldsymbol{\varepsilon\lambda}$**:** Emisividad calculada

$\boldsymbol{\rho}$**:** Constante

3.9.2. Estimar la influencia del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025).

Para cumplir el objetivo se realizó el cálculo del (NDVI) empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2024) en el software GIS; cuando se trata de investigar el estado vegetal, este enfoque es muy útil ya que, en específico con otras cubiertas, el NDVI proporciona una buena distinción de los píxeles de la superficie de vegetación (Lange, 2018).

a) Cálculo del NDVI

Para ello el procedimiento fue empleado a las imágenes del satélite Landsat, en la interfaz del ArcMap, - ArcToolbox, posteriormente Spatial Analyst Tool, se eligió la opción ráster calculeitor del software ArcGIS, empleando la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{\rho_{b5} - \rho_{b4}}{\rho_{b5} + \rho_{b4}}$$

Donde:

$NDVI$: Índice de vegetación de diferencia normalizada

ρ_{b2}: Banda 5

ρ_{b5}: Banda 4

La salida de la expresion proporcionará niveles raster que van de -1 a +1, los cuales han sido clasificados en base a los criterios correspondientes para cada indicador de vegetación. Según Álvarez (2018), los valores umbrales de vegetación para el NDVI se emplazan normalmente entre 0,2 y 1. Las cubiertas vegetales densas y en excelente estado se encuentran por encima de 0,6, mientras que las masas de agua están representadas por valores inferiores a 0 y los píxeles de nubes y sombras por valores entre 0 y 0,09-0,1.

b) Clasificación supervisada de las coberturas del NDVI

Se creo puntos de control en un software GIS, para seguidamente ir a campo y visualizar que efectivamente se trata del tipo de cobertura vegetal que se halló por medio del procedimiento en el Software.

c) Validación del mapa mediante el Índice Kappa

Se realizo la validación de la cobertura vegetal hallada con el NDVI entre el mapa observado y la coincidencia de la realidad en base al índice

Kappa; para conocer la precisión de lo resultante alcanzado en el software con la realidad.

Finalmente, luego de conocer el NDVI, se realizó su comparación con la temperatura superficial hallada anteriormente para conocer su influencia directa o indirectamente proporcional.

3.9.3. Estimar la influencia de la velocidad y dirección del viento en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025).

Para cumplir el objetivo se realizo la descarga datos de velocidad y dirección de viento de la plataforma web de la NASA, para consecutivamente realizar su modelamiento en el software GIS generando mapas de vientos; y con ello conocer cómo influye dichos datos en la temperatura superficial respectivamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

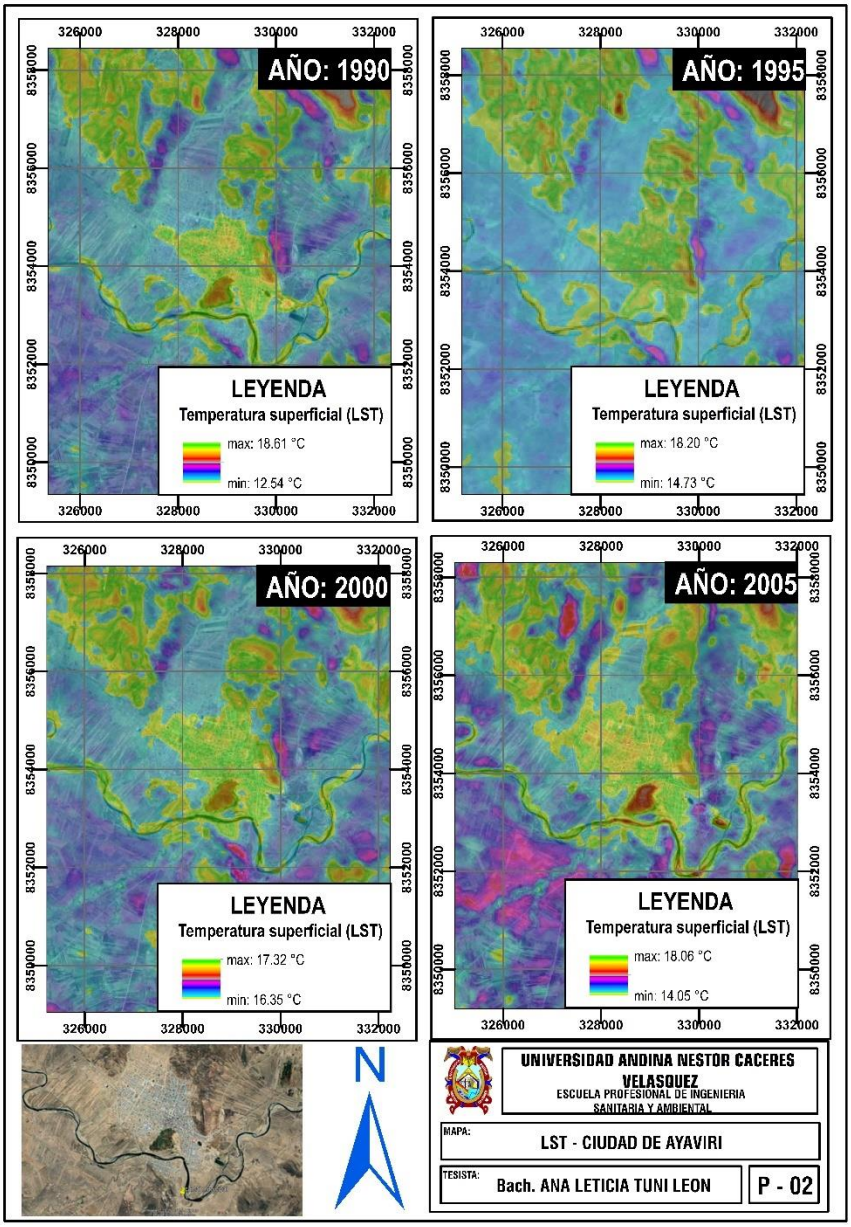
4.1.1. Estimar la temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)

a) Temperatura urbana (1990 – 2025)

En la figura 11, se aprecia la temperatura superficial terrestre de la ciudad de Ayaviri en el periodo de 1990 al 2005, indicando que la temperatura superficial terrestre (LST), al año 1990 presenta un valor mínimo de 12.54°C, y un valor máximo de 18.61°C, mientras que al año 1995 presenta un valor mínimo de 14.73°C, y un valor máximo de 18.20°C, de igual forma al año 2000 presenta un valor mínimo de 16.35°C, y un valor máximo de 17.32 °C, y finalmente al año 2005 presenta un valor mínimo de 14.05 °C, y un valor máximo de 18.06 °C, respectivamente.

Figura 11

Temperatura superficial terrestre de la ciudad de Ayaviri (periodo 1990 – 2005)

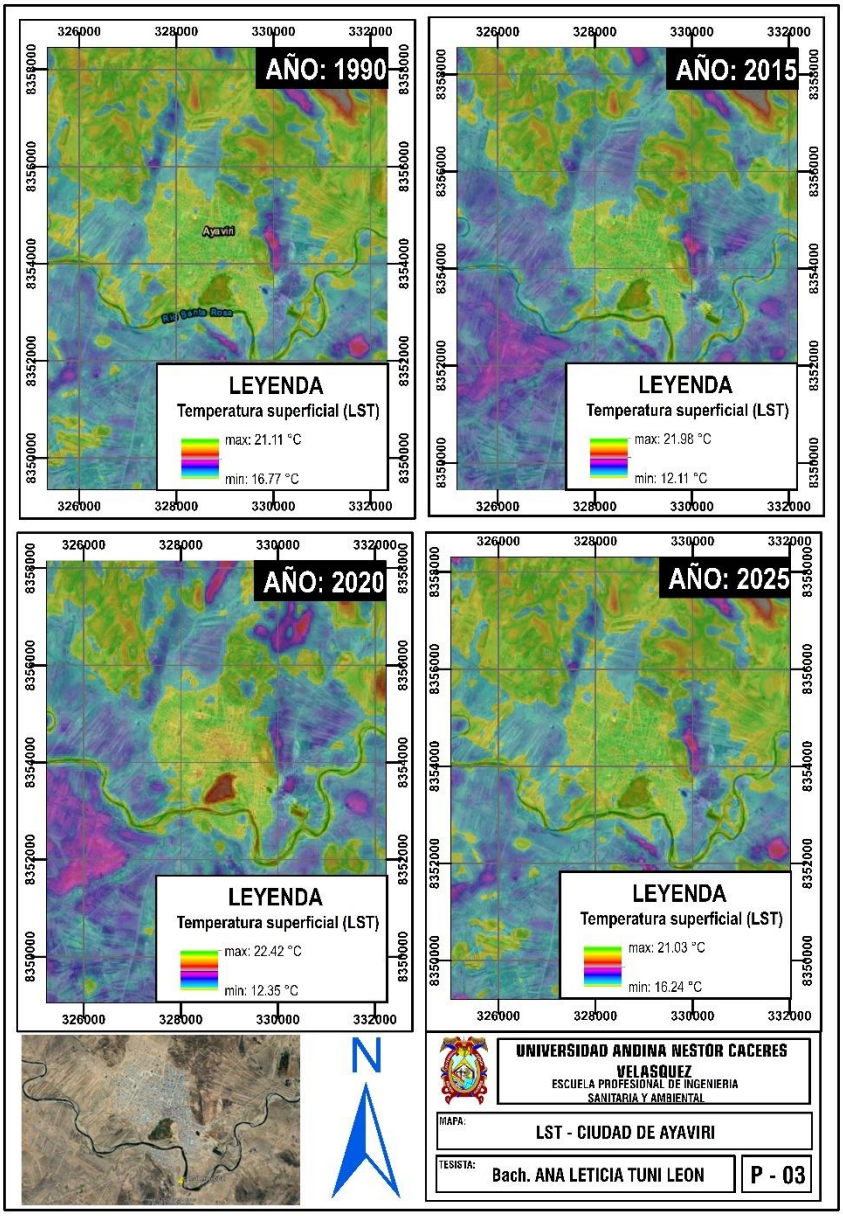


En la figura 12, se aprecia la temperatura superficial terrestre de la ciudad de Ayaviri en el periodo de 2010 al 2025, indicando que la temperatura superficial terrestre (LST), al año 2010 presenta un valor mínimo de 16.77 °C, y un valor máximo de 21.11 °C, mientras que al año 2015 presenta un valor mínimo de

12.11 °C, y un valor máximo de 21.98 °C, de igual forma al año 2020 presenta un valor mínimo de 12.35 °C, y un valor máximo de 22.42 °C, y finalmente al año 2025 presenta un valor mínimo de 16.24 °C, y un valor máximo de 21.03 °C, respectivamente

Figura 12

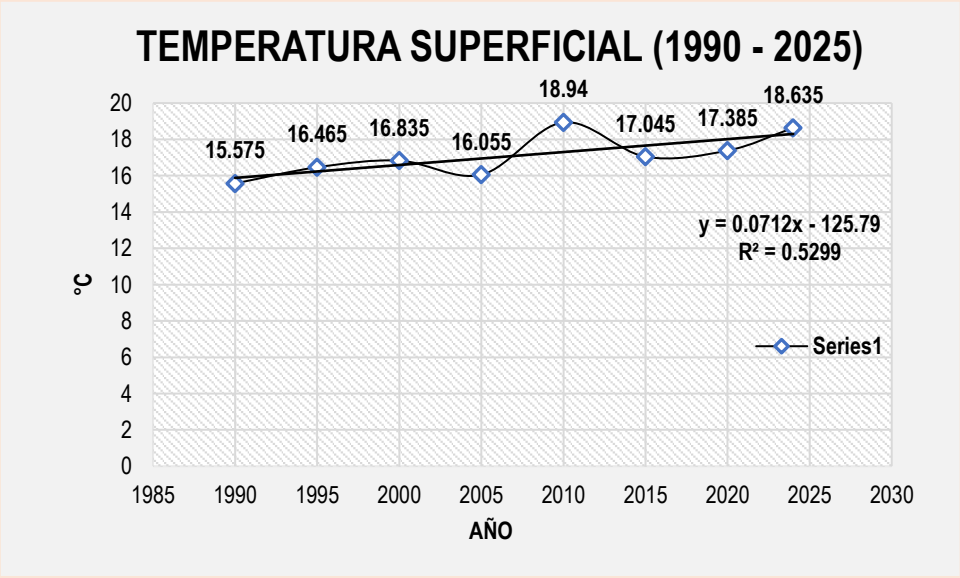
Temperatura superficial terrestre de la ciudad de Ayaviri (periodo 2010 – 2025)



En la figura 13, se aprecia la temperatura superficial terrestre de la ciudad de Ayaviri en el periodo de 1990 al 2025, indicando que la temperatura superficial terrestre (LST), al año 1990 presenta un promedio de 15.76°C; mientras que al año 1995 presenta un valor promedio de 16.47°C, de igual forma al año 2000 presenta un valor promedio de 16.84°C, así también al año 2005 presenta un valor promedio de 16.06°C, como también al año 2010 presenta un valor promedio de 18.91°C, así mismo al año 2015 presenta un valor promedio de 17.05°C, mientras que al año 2020 presenta un valor promedio de 17.39°C, y finalmente al año 2025 presenta un valor promedio de 17.64°C, representando una línea de tendencia positiva (incremento de temperatura).

Figura 13

Temperatura superficial promedio de la ciudad de Ayaviri (periodo 1990 – 2025)



b) Tasa de cambio de la temperatura superficial

En la tabla 5, se aprecia el comparativo de la temperatura superficial terrestre según el SENAMHI con respecto a la temperatura superficial terrestre hallada en el periodo de 1990 al 2024, indicando que los datos de temperatura según reportes del SENAMHI varían entre 13.84°C a 17.24°C, mientras que los datos de temperatura hallados empleando imágenes satelitales Landsat varían entre 15.58°C a 18.64°C; ambos presentan pequeñas variaciones, donde se puede indicar que el procesamiento se efectuó con veracidad; adicional a ello ambos datos de temperatura, presentan una tasa de cambio de 0.58% a 0.43%, lo cual es indicativo de que la temperatura superficial va en aumento en el periodo evaluado

Tabla 5

Temperatura superficial terrestre según SENAMHI vs. temperatura superficial terrestre hallada

Año	Temperatura superficial según SENAMHI		Media	Temperatura superficial hallada		Media
	T. min.	T. max.		T. min.	T. max.	
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
1990	11.23	16.45	13.84	12.54	18.61	15.58
1995	12.45	18.25	15.35	14.73	18.20	16.47
2000	11.73	16.65	14.19	16.35	17.32	16.84
2005	13.75	16.27	15.01	14.05	18.06	16.06
2010	14.63	19.71	17.17	16.77	21.11	18.94
2015	15.85	18.63	17.24	12.11	21.98	17.05
2020	11.23	18.65	14.94	12.35	22.42	17.39
2025	14.15	18.26	16.21	16.24	21.03	18.64
Tasa de cambio - T.C (%)			**0.58**			**0.43**

c) Indicadores de validación

Para establecer una clasificación fiable, se desarrolló la matriz de confusión y el índice Kappa (**anexo 2**), que proporcionan métricas de evaluación cuantitativa de la validez y precisión de los mapas, en este caso siendo del último año de evaluación (año 2025)

En la tabla 6 se aprecia la validación del mapa actual de temperatura superficial mediante el Índice Kappa, indicando que la temperatura superficial que presenta la ciudad de Ayaviri al año 2025, tienen una precisión del 99.60%; además presenta un valor de 0.994 de índice Kappa; En otras palabras, la validación de la temperatura de la superficie producida por las fotos del satélite Landsat revela que se encuentra dentro del rango casi perfecto entre el mapa observado y la realidad, lo que demuestra que la categorización entra dentro de los límites del índice Kappa.

Tabla 6

Validación de la temperatura superficial mediante el Índice Kappa

Año	Precisión Global (%)	Índice Kappa
2025	99.60%	0.994

Nota. Datos de precisión Global e Índice Kappa.

4.1.2. Estimar la influencia del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025).

a) Índice de vegetación de diferencia normalizada - NDVI

En la figura 14, se aprecia el (NDVI) de la ciudad de Ayaviri en el periodo de 1990 al 2025, indicando que el NDVI está clasificado en cinco rangos: i) -1 – 0; ii) 0 – 0.1; iii) 0.1 – 0.2; iv) 0.2 – 0.3; y v) >0.4; las cuales son categorizados como: i) Sin vegetación / Agua / Nubes / Sombra (Superficies sin vegetación: agua, nubes, nieve, sombra); ii) Suelo desnudo / Urbano / Rocas (Suelo desnudo, áreas urbanas, rocas o zonas áridas sin vegetación); iii) Escasa cobertura vegetal (Vegetación muy débil o estresada; zonas áridas o con poca cobertura vegetal.); iv) Vegetación dispersa (Arbustos dispersos, pastizales secos o degradados); y v) Vegetación moderada (Cultivos en crecimiento, pastizales activos, zonas agrícolas.)

Figura 14

Índice de vegetación de diferencia normalizada de la ciudad de Ayaviri (periodo 1990 – 2005)

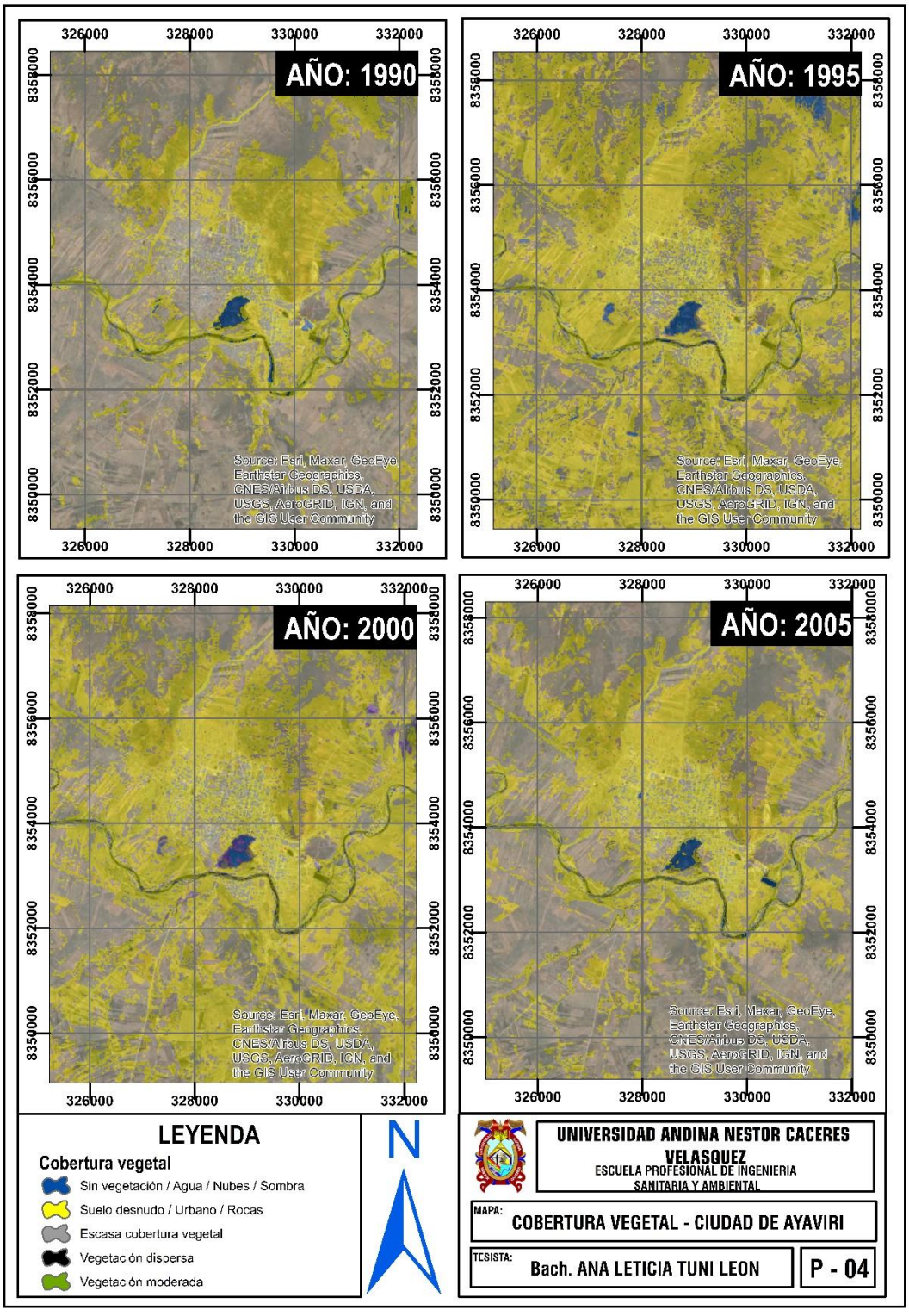
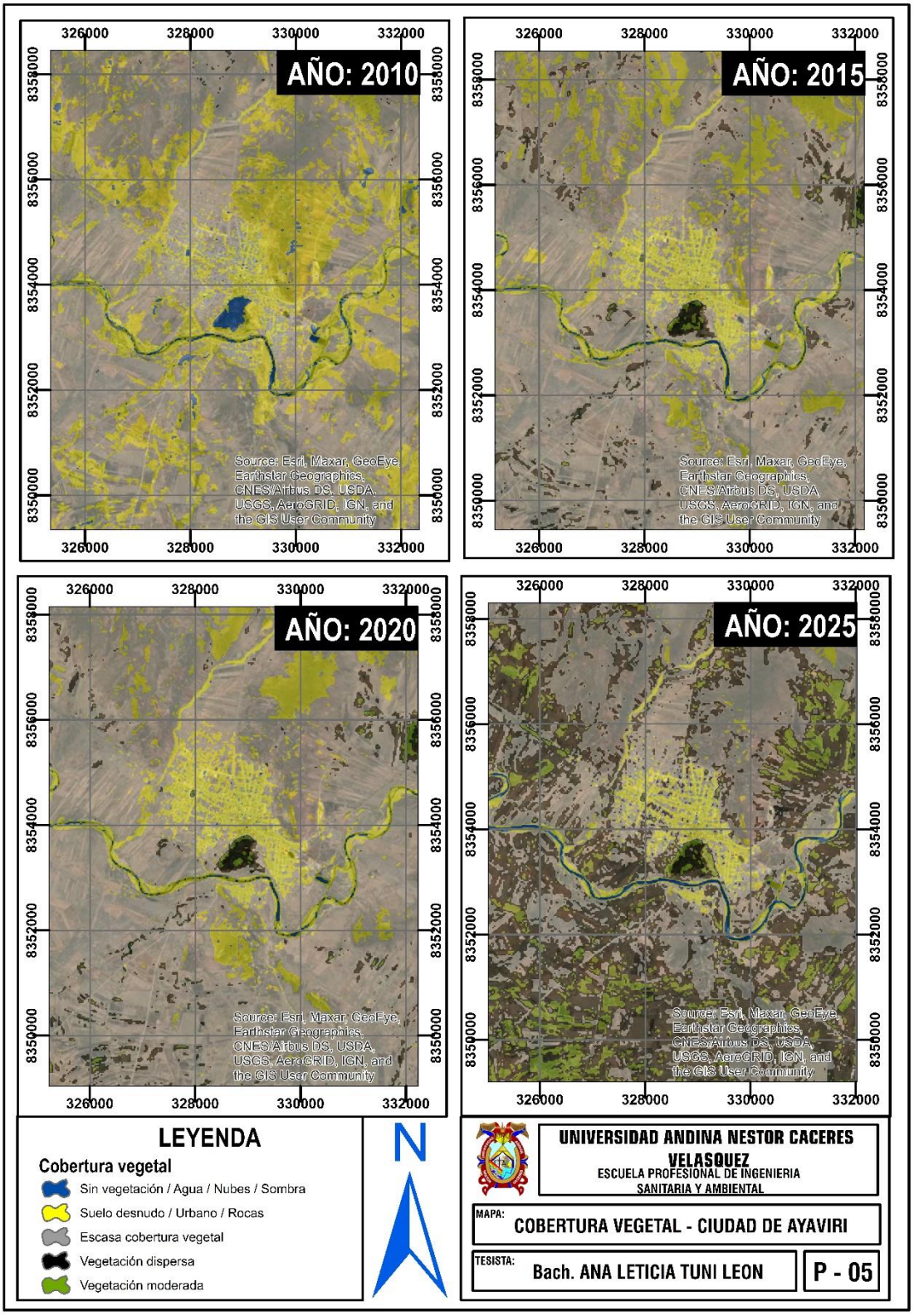


Figura 15

Temperatura superficial terrestre de la ciudad de Ayaviri (periodo 2010 – 2025)



b) Tasa de cambio

En la tabla 9, se aprecia el NDVI de la ciudad de Ayaviri (periodo 1990 – 2025), indicando que las áreas que no contemplan vegetación como es el espejo de agua en el periodo evaluado presenta un decrecimiento, mientras que el suelo desnudo, zona urbana y zonas rocosas, presenta un incremento en el periodo evaluado; así mismo las zonas con escasa cobertura vegetal, van en decrecimiento al igual que la vegetación dispersa y moderada; de todo lo mencionado también se indica que la cobertura vegetal va en decrecimiento en el área evaluada

Tabla 7

Índice de vegetación de diferencia normalizada de la ciudad de Ayaviri (periodo 1990 – 2025)

Descripción	Cobertura vegetal (km^2)							
	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**
Sin vegetación / Agua / Nubes / Sombra	0.65	0.64	0.63	0.62	0.6	0.58	0.58	0.57
Suelo desnudo / Urbano / Rocas	3.4	3.38	3.99	5.12	5.75	6.16	6.94	7.15
Escasa cobertura vegetal	26.57	26.85	26.47	25.59	25.57	25.54	24.68	24.85
Vegetación dispersa	23.01	22.98	22.56	22.34	21.76	21.41	21.52	21.16
Vegetación moderada	4.45	4.23	4.43	4.41	4.4	4.39	4.36	4.35
Área total	**58.08**	**58.08**	**58.08**	**58.08**	**58.08**	**58.08**	**58.08**	**58.08**

En la tabla 8, se aprecia la tasa de cambio del índice de vegetación de diferencia normalizada del área en estudio (periodo 1990 – 2025), indicando que las zonas sin vegetación como es el espejo de agua; presenta una tasa de cambio de -0.33% (decrecimiento), mientras que las zonas desnudas como las

áreas urbanas presentan una tasa de cambio de 0.53% (crecimiento), mientras que la cobertura vegetal (escasa vegetación y vegetación dispersa y moderada), presentan una tasa de cambio entre -0.07%; -0.02% y -0.23, la cual es un indicativo de que se encuentra en decrecimiento en el periodo evaluado.

Tabla 8

Tasa de cambio del índice de vegetación de diferencia normalizada del área en estudio

Descripción	**Tasa de cambio - T.C (%)**
Sin vegetación / Agua / Nubes / Sombra (1990 – 2025)	-0.33
Suelo desnudo / Urbano / Rocas (1990 – 2025)	0.53
Escasa cobertura vegetal (1990 – 2025)	-0.07
Vegetación dispersa (1990 – 2025)	-0.02
Vegetación moderada (1990 – 2025)	-0.23

c) Indicadores de validación

En la tabla 9, se aprecia la validación del mapa actual del índice de vegetación de diferencia normalizada mediante el Índice Kappa, indicando que la cobertura vegetal que presenta la ciudad de Ayaviri al año 2025, tienen una precisión del 99.47%; además presenta un valor de 0.990747 de índice Kappa; es decir, se valida la cobertura vegetal generada mediante las imágenes satelitales Landsat, lo que manifiesta que está dentro de los valores de casi perfecta entre el mapa observado y la realidad; demostrando que la clasificación está dentro de los parámetros del índice de Kappa **(Anexo 3).**

Tabla 9

Validación del índice de vegetación de diferencia normalizada mediante el Índice Kappa

Año	Precisión Global (%)	Índice Kappa
2025	99.40%	0.990747

Nota. Datos de precisión Global e Índice Kappa.

d) Índice de vegetación de diferencia normalizada vs. temperatura superficial

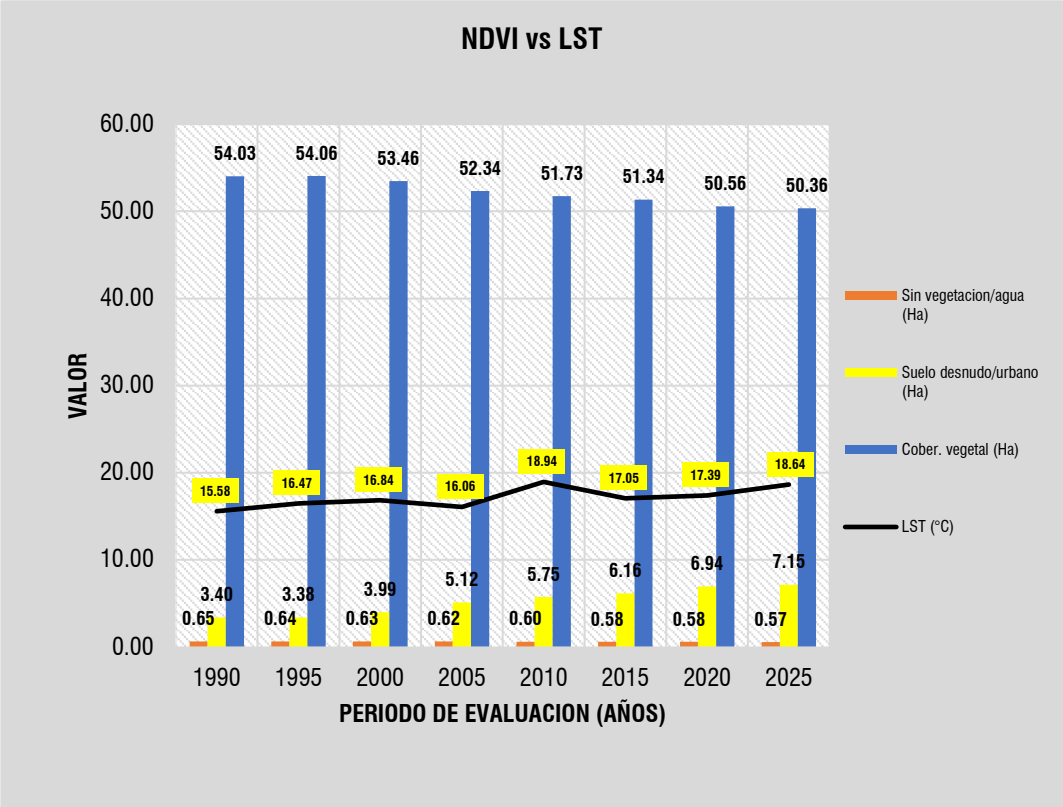
En cuestión del Índice de vegetación de diferencia normalizada, se ha juntado las zonas de escasa cobertura vegetal, vegetación dispersa y vegetación moderada, por ello el NDVI presenta 3 valores en la figura precedente (sin vegetación/agua; suelo desnudo/urbano y áreas con cobertura vegetal)

En la figura 16, se aprecia el índice de vegetación de diferencia normalizada vs. temperatura superficial en el periodo de 1990 al 2025, indicando que mientras las áreas sin vegetación/agua están en disminución, la temperatura superficial está en aumento, manifestando una relación inversamente proporcional, sin embargo mientras las áreas de suelo desnudo/urbano van en incremento la temperatura superficial también va en aumento, manifestando una relación proporcional; y finalmente mientras la cobertura vegetal va en disminución, la temperatura superficial va en aumento manifestando una relación inversamente proporcional; por lo cual

se traduce que la temperatura superficial influye en el índice de vegetación de diferencia normalizada respectivamente.

Figura 16

Índice de vegetación de diferencia normalizada vs. temperatura superficial



a) Relación del índice de vegetación de diferencia normalizada con la temperatura superficial

De acuerdo con los datos mostrados en la tabla 10, la correlación de Spearman fue de 0,572**, con un nivel de significancia (Sig.) de < 0,00, lo que indica una correlación positiva considerable entre las variables estudiadas (índice de vegetación de diferencia normalizada con la temperatura superficial).

Tabla 10

Relación del índice de vegetación de diferencia normalizada con la temperatura superficial

			NDV	Temperatura superficial
Rho de Spearman	**NDV**	Coeficiente de correlación	1,000	,572**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	8	8
	Temperatura superficial	Coeficiente de correlación	,750**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	8	8

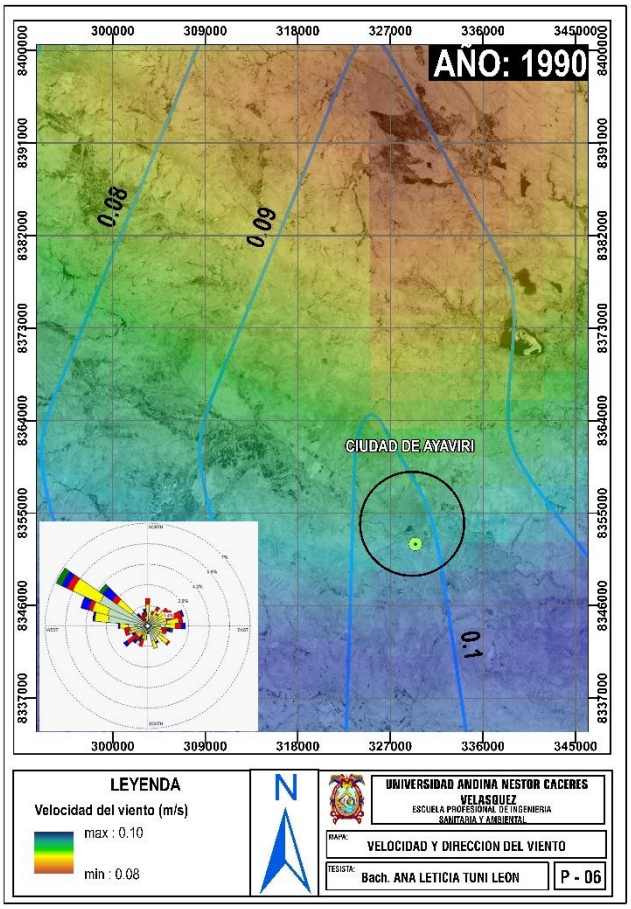
4.1.3. Estimar la influencia de la velocidad y dirección del viento en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025).

a) Velocidad y dirección del viento

En la figura 17, se aprecia la velocidad y direccion del viento en la ciudad de Ayaviri al año 1990, indicando que la velocidad del viento fluctua entre 0.08m/s a 0.10m/s con una direccion predominantes del NorOeste a SurOeste, respectivamente.

Figura 17

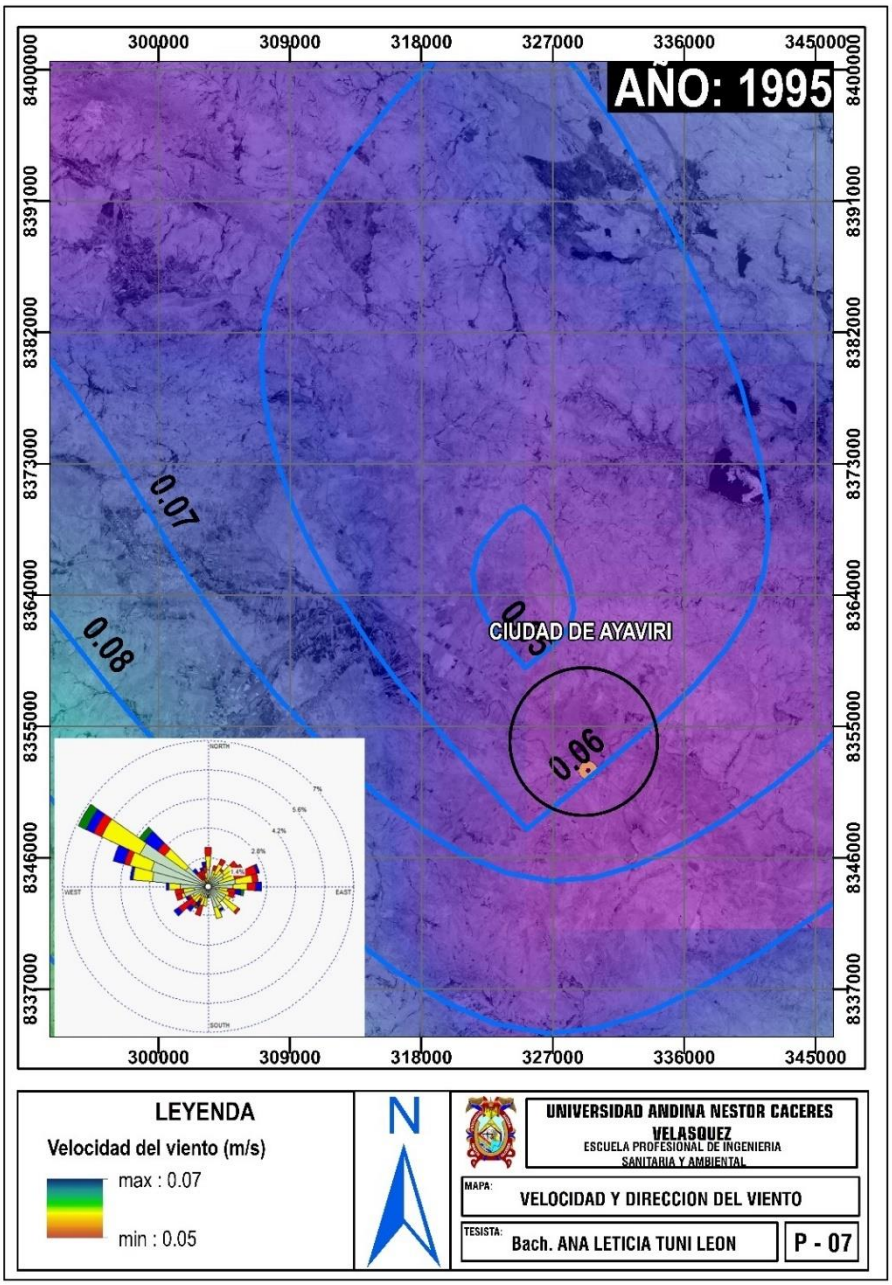
Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 1990



En la figura 18, se aprecia la velocidad y direccion del viento en la ciudad de Ayaviri al año 1995, indicando que la velocidad del viento fluctua entre 0.05m/s a 0.07m/s con una direccion predominantes del NorOeste a SurOeste, respectivamente.

Figura 18

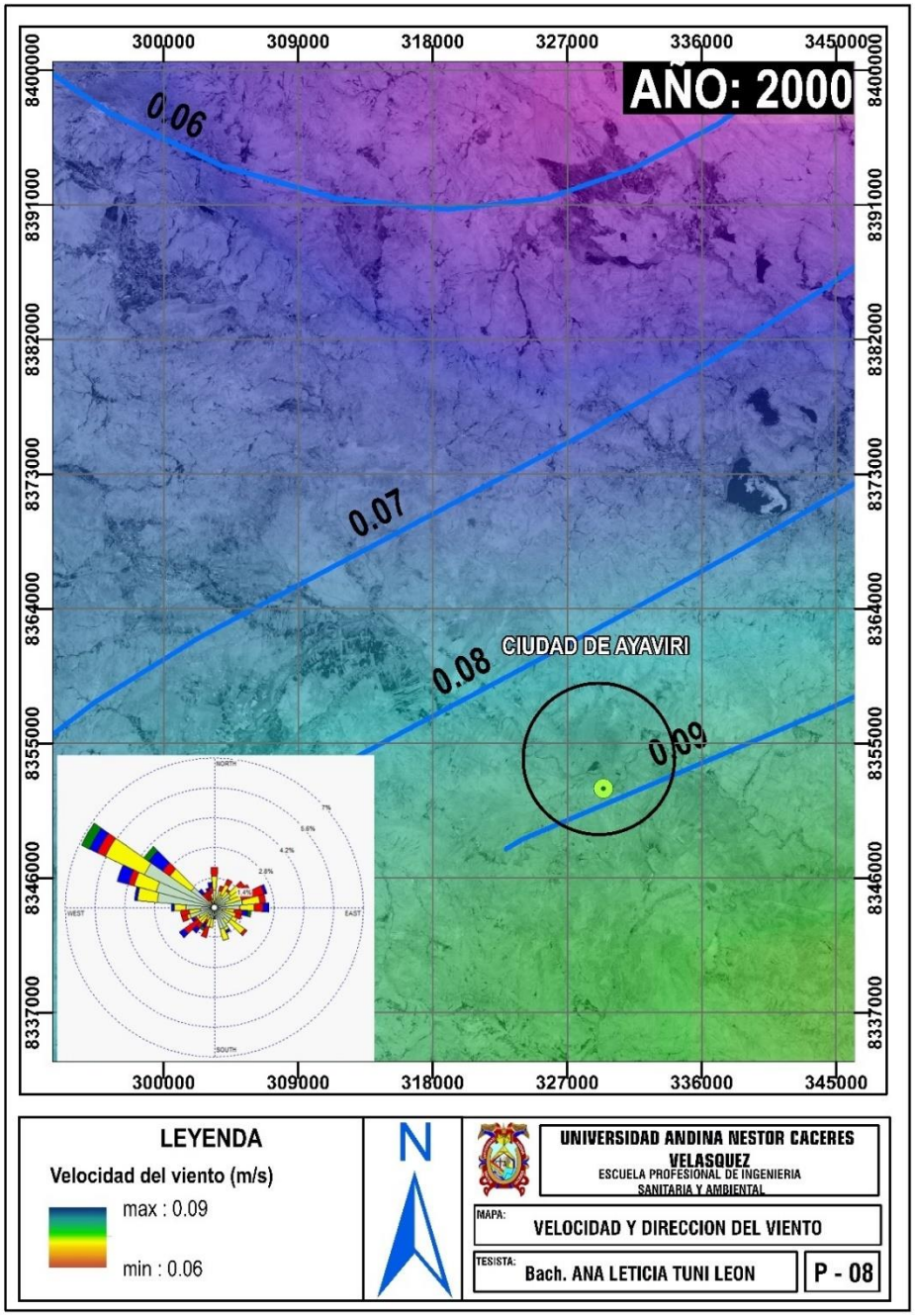
Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 1995



En la figura 19, se aprecia la velocidad y direccion del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2000, indicando que la velocidad del viento fluctua entre 0.06m/s a 0.09m/s con una direccion predominantes del NorOeste a SurOeste, respectivamente.

Figura 19

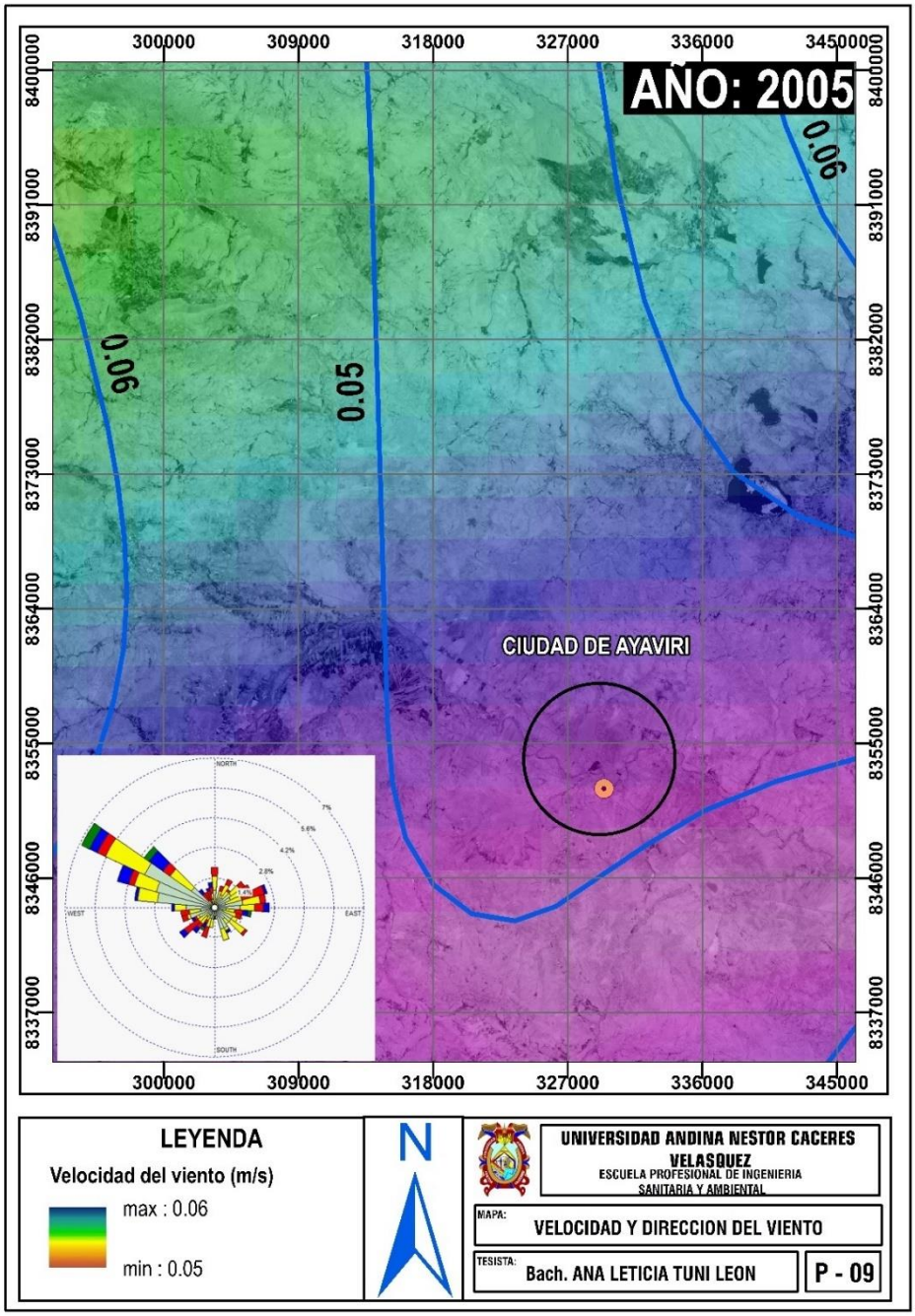
Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2000



En la figura 20, se aprecia la velocidad y direccion del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2005, indicando que la velocidad del viento fluctua entre 0.05m/s a 0.06m/s con una direccion predominantes del NorOeste a SurOeste, respectivamente.

Figura 20

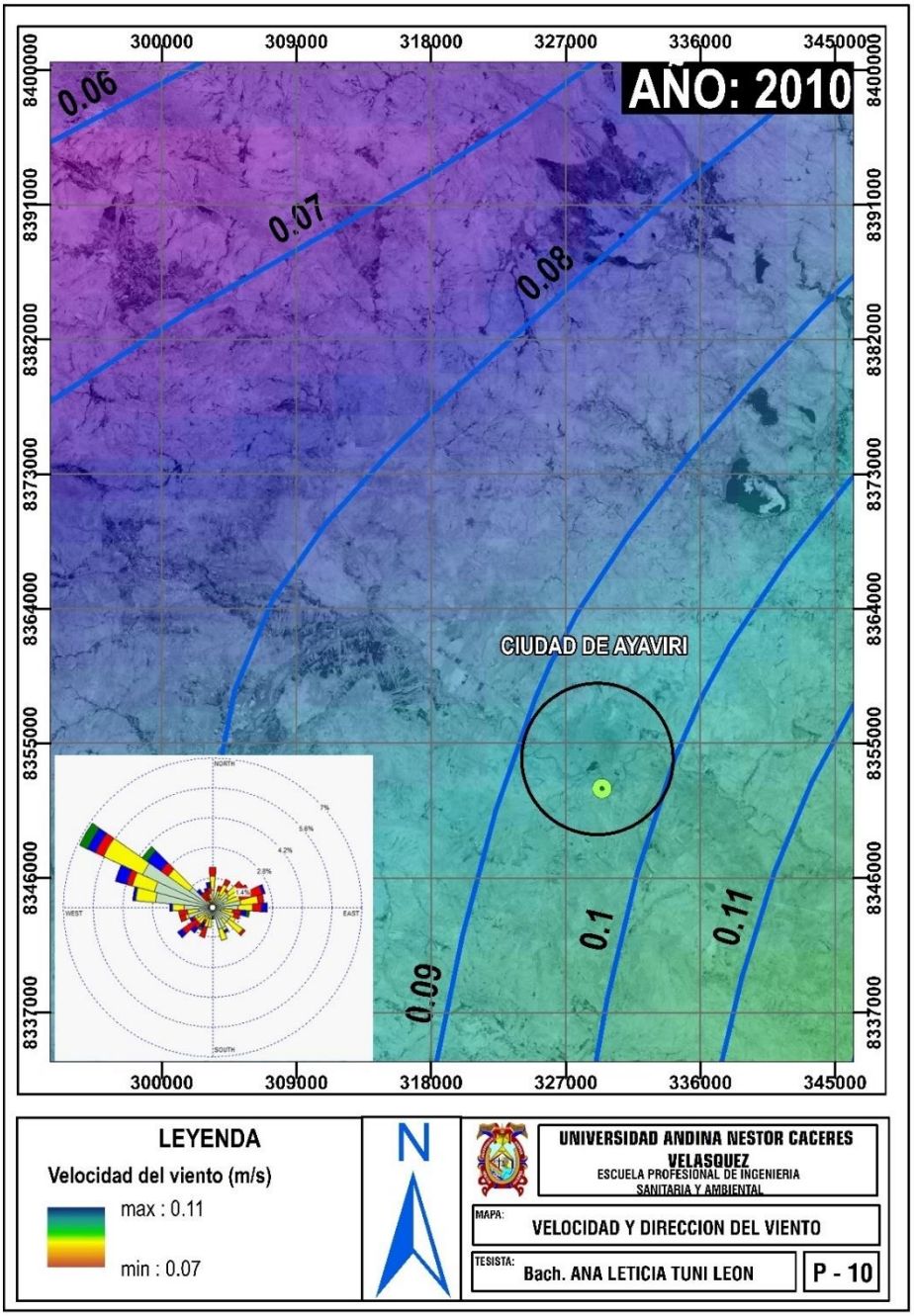
Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2005



En la figura 21, se aprecia la velocidad y direccion del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2010, indicando que la velocidad del viento fluctua entre 0.07m/s a 0.11m/s con una direccion predominantes del NorOeste a SurOeste, respectivamente.

Figura 21

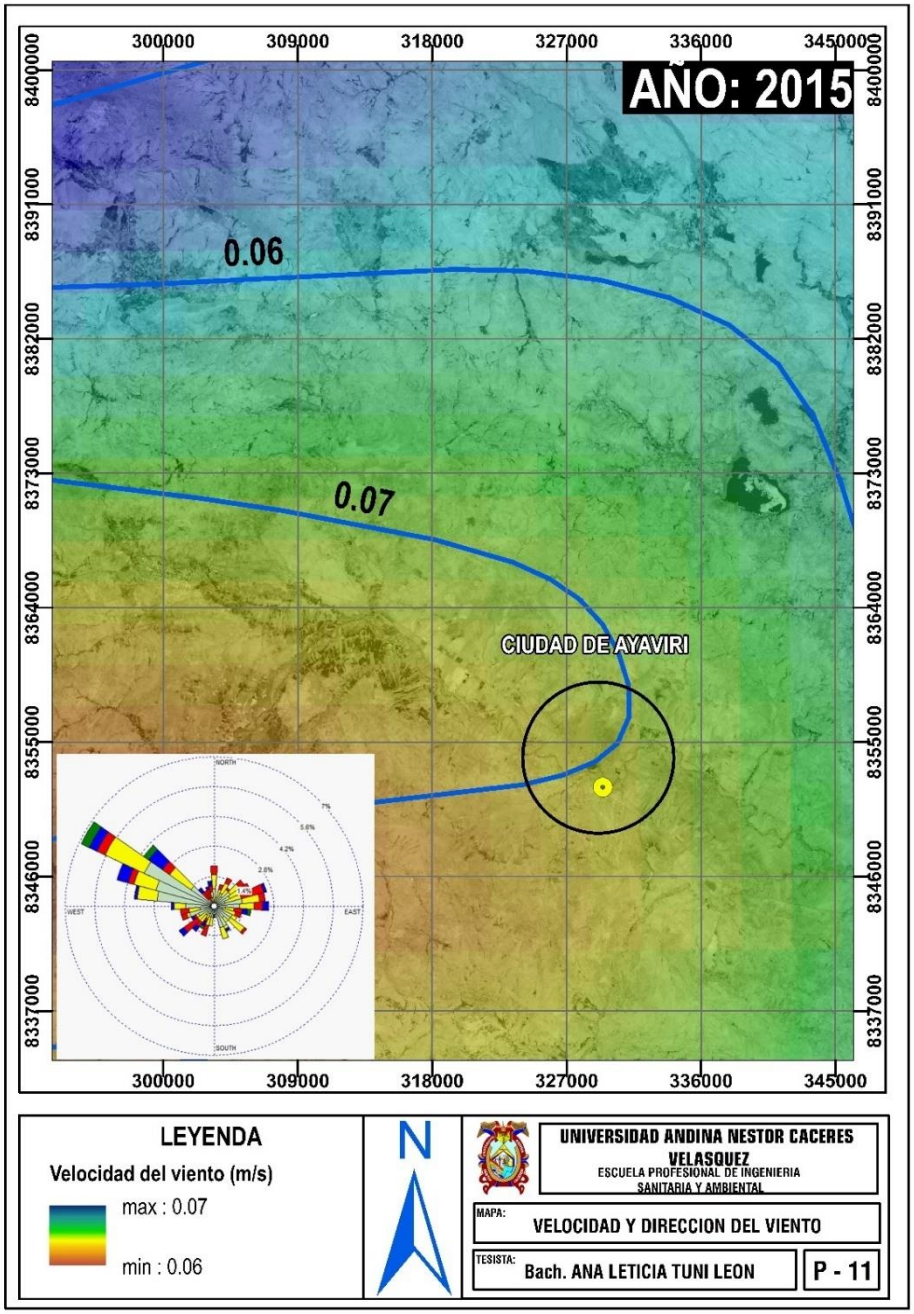
Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2010



En la figura 22, se aprecia la velocidad y direccion del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2015, indicando que la velocidad del viento fluctua entre 0.06m/s a 0.07m/s con una direccion predominantes del NorOeste a SurOeste, respectivamente.

Figura 22

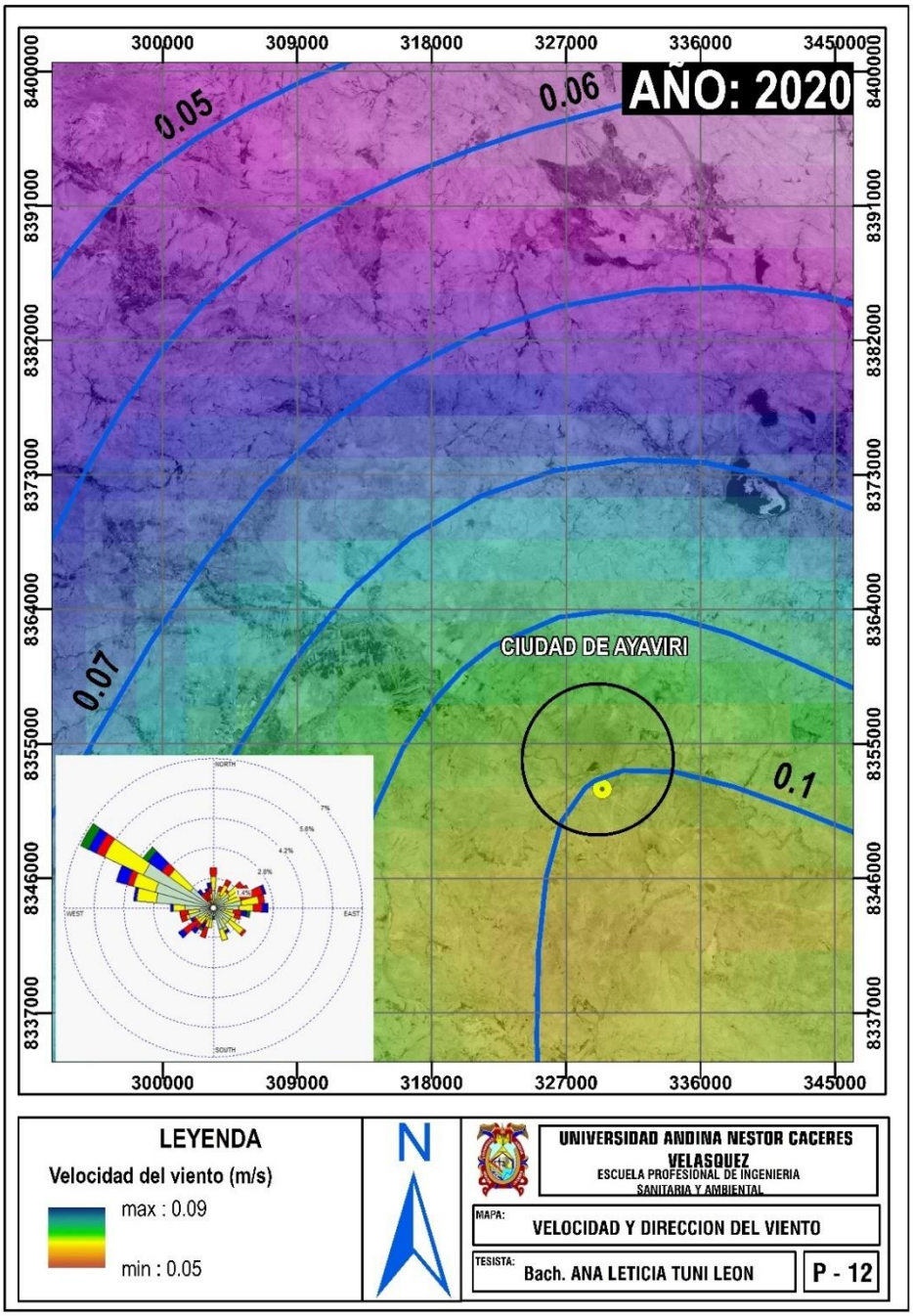
Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2015



En la figura 23, se aprecia la velocidad y direccion del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2020, indicando que la velocidad del viento fluctua entre 0.05m/s a 0.09m/s con una direccion predominantes del NorOeste a SurOeste, respectivamente.

Figura 23

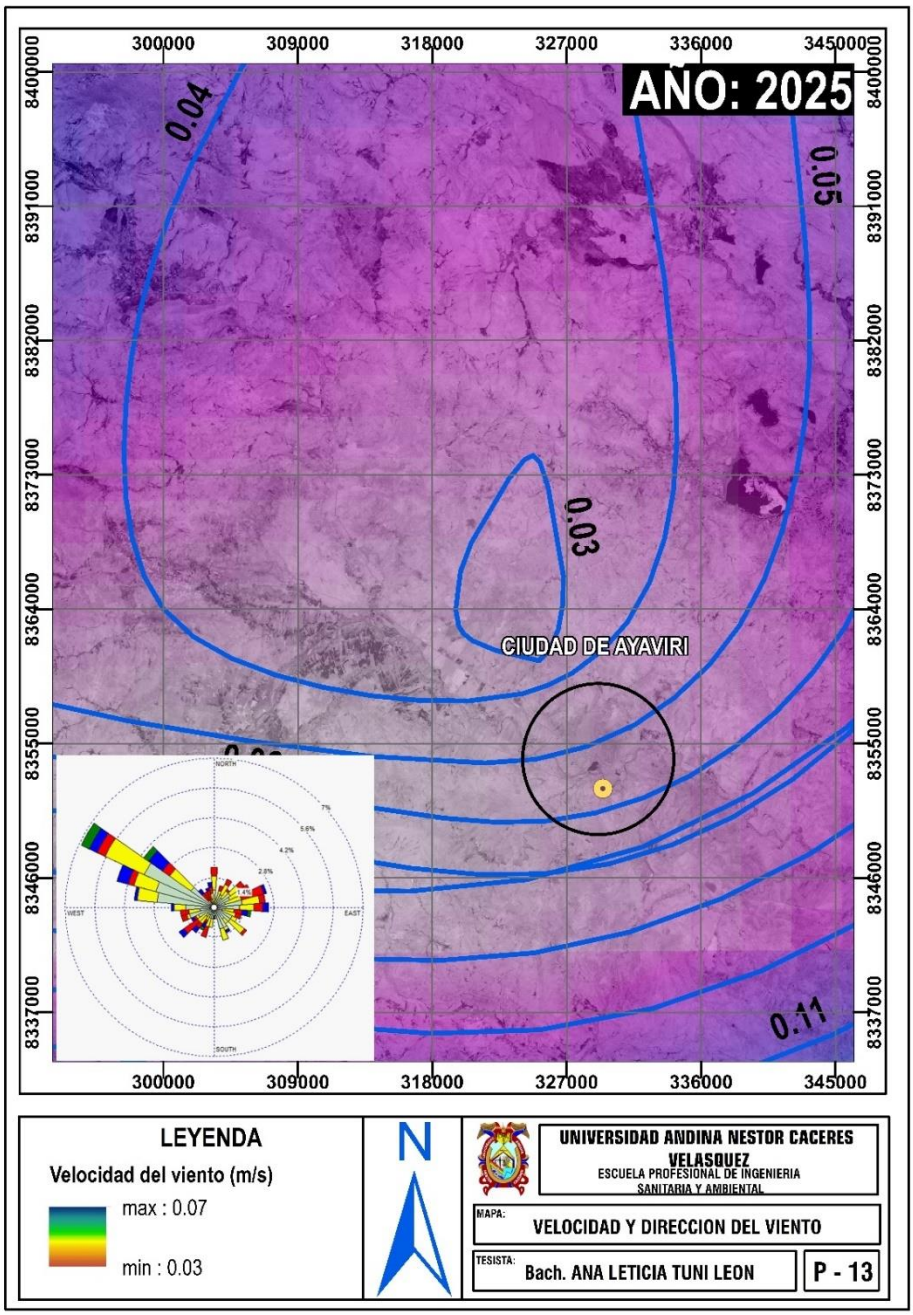
Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2020



En la figura 24, se aprecia la velocidad y direccion del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2025, indicando que la velocidad del viento fluctua entre 0.03m/s a 0.07m/s con una direccion predominantes del NorOeste a SurOeste, respectivamente.

Figura 24

Velocidad y dirección del viento en la ciudad de Ayaviri al año 2025



b) Tasa de cambio

En la tabla 12, se aprecia la tasa de cambio de la velocidad del viento en el área en estudio (periodo 1990 – 2025), indicando que la velocidad del viento presenta una tasa de cambio del -0.07%, la cual es un indicativo de que la velocidad del viento se encuentra en decrecimiento en el periodo evaluado.

Tabla 11

Tasa de cambio de la velocidad del viento en el área en estudio

Año	Velocidad del viento (m/s)		
	Min.	Max.	Media
1990	0.08	0.1	0.09
1995	0.05	0.07	0.06
2000	0.06	0.09	0.075
2005	0.05	0.06	0.055
2010	0.07	0.11	0.09
2015	0.06	0.07	0.065
2020	0.05	0.09	0.07
2025	0.03	0.07	0.05
Tasa de cambio - T.C (%)			**-0.07**

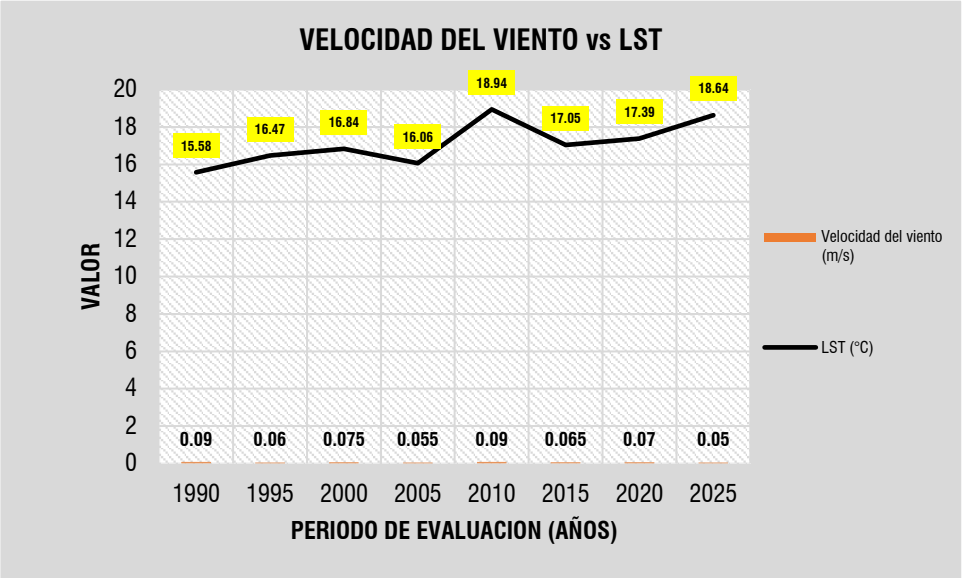
c) Velocidad del viento vs. temperatura superficial

En la figura 26, se aprecia la velocidad del viento vs. temperatura superficial en el periodo de 1900 al 2025, indicando que mientras la velocidad del viento está en disminución, la temperatura superficial está en aumento, representando una relación inversamente proporcional, por lo cual se traduce que la velocidad del viento influye en la temperatura superficial en el periodo evaluado, de igual forma se indica que el viento facilita la disipación del calor acumulado en la superficie, sin embargo la velocidad del viento se encuentra

en disminución en el periodo evaluado, por esta razón no contribuye a un enfriamiento más eficiente de la temperatura superficial.

Figura 25

Velocidad del viento vs. temperatura superficial



d) Relación de la velocidad del viento con la temperatura superficial

De acuerdo con los datos mostrados en la tabla 12, la correlación de Spearman fue de ,226**, con un nivel de significancia (Sig.) de < 0,00, lo que indica una correlación positiva media entre las variables estudiadas (velocidad del viento y temperatura superficial).

Tabla 12

Relación de la velocidad del viento con la temperatura superficial

			Velocidad del viento	Temperatura superficial
Rho de Spearman	**Velocidad del viento**	Coeficiente de correlación	1,000	,226**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	29	29
	Temperatura superficial	Coeficiente de correlación	,750**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	29	29

4.1.4. Proponer la forestación para aminorar la sensación térmica en la ciudad de Ayaviri.

Se han perdido grandes extensiones de coberturas vegetales como efecto de la degradación medioambiental de nuestro planeta Tierra, provocada por la contaminación, la erosión del recurso suelo, el despilfarro de recursos y una serie de otras acciones erróneas y ofensivas que los seres humanos hemos cometido contra nuestra madre Tierra. Las coberturas vegetales son consideradas como los pulmones del planeta porque no sólo nos proporcionan oxígeno para respirar, sino que también embellecen nuestras ciudades y comunidades.

Como individuos comprometidos con el medio ambiente, es hora de que se pueda llevar a cabo programas y actividades de forestación, tomando medidas inmediatas, fomentando la conciencia ecológica en nuestra sociedad y, sobre todo, dentro de nosotros mismos, y establecer objetivos para estas acciones.

Por ello, en dicha investigación se plantea la forestación para garantizar una extensión de 9 m² de área verde por habitante según lo recomienda la OMS; en donde las especies de crecimiento rápido que pueden adaptarse a la región que se está reforestando suelen ser adecuadas para la reforestación. Los citicios, la queñua, Colle y tola; ya que prosperan en dichas condiciones climáticas.

Las plantaciones mencionadas también utilizaran el (CO_2) de la atmósfera, el agua, el sol y una mínima cantidad de componentes del suelo para producir su propio sustento. En el proceso estas plantaciones producirán oxígeno (O_2) para que los humanos respiren y ayuden a remover y retener

partículas contaminadas, como el polvo, la ceniza, el polen y el humo, que logran dañar los pulmones de las personas. También, eliminaran los contaminantes atmosféricos absorbiéndolos por medio de los poros de las hojas, haciendo que las hojas, los tallos y las ramas atrapen y filtren las partículas, y haciendo que el agua de lluvia las arrastre al suelo.

A menudo no somos conscientes de lo importante que son las coberturas vegetales como los árboles para nuestra salud. Logrando limpiar cada uno 6 kg de dióxido de carbono además de producir 9 kg de oxígeno al año, por lo que su importancia es mucho mayor de lo que creemos.

Una zona con áreas con coberturas vegetales es un buen lugar para vivir. Dado que el 75% de nosotros vive en las ciudades, cada uno de nosotros puede tomar medidas individuales para proteger el medio ambiente plantando y cuidando las plantaciones en nuestros barrios y contribuyendo a las iniciativas forestales locales. Podemos informarnos sobre los árboles, sobre los favores que contribuyen a los seres humanos y sobre cómo podemos cuidar mejor de ellos.

a) **Mantenimiento de áreas verdes-.** En los espacios verdes existentes en la ciudad de Ayaviri, se deberá de desbrozar, regar con manguera, cortar el césped y los árboles, decorar, limpiar y mejorar las cunetas y los arcenes. Estas tareas se llevarán a cabo en todos los espacios verdes de la ciudad (parques, bermas, otros espacios verdes y bosques).

    - Plantación: se tomará en cuenta plantas y árboles que se adapten al suelo y al entorno como los citicios, la queñua, Colle y tola.
    - Preparación de terreno: Es vital señalar que entre las muchas labores que conlleva la preparación del terreno, hay que destacar la

limpieza, el arado y el rastreo, ya que repercutirán en el crecimiento de las plantas.

- Fertilización: Esta labor se realizará para suplir la falta de algunos nutrientes del suelo y mejorar la plantación.

b) Habilitación

- Se deberá crear nuevos espacios verdes y restaurar las zonas dañadas o con exceso de vegetación mediante la plantación, replantación.
- Se deberá realizar la recuperación de especies arbóreas (parques, bermas, otros).

Con la incorporación de más espacios verdes que servirán para oxigenar nuestro entorno, esta propuesta contribuirá a mejorar la calidad ambiental de la ciudad, también ayudaran a prevenir golpes de calor, y a la par generaran una restauración de los suelos dañados, mejoraran la infiltración del agua, mejoraran la disponibilidad hídrica, generaran nuevos ecosistemas y disminuirán significativamente la escorrentía superficial; las cuales son algunas de las plantaciones que se sugieren para la ciudad de Ayaviri.

4.2. Discusión

Esto resultados comparados con Reyes *et al.* (2024), demuestran cierta similitud, donde encontro que las temperaturas más elevadas son la noroeste y la norte, con temperaturas de 24.38 y 38.47 °C en la ciudad de Durango en primavera, mientras que en temporada en invierno presenta una temperatura de 24.67 °C, represen; donde la evolucion de la TS es superior al suelo urbano que

en área verde. Pereira *et al.* (2024), muestra además que, con valores medios de 23,2 y 21,6 °C, respectivamente, la temperatura superficial es superior en suelos urbanos continuos y discontinuos que en vegetación baja (20 °C) y leñosa (18,8 °C).

Por su parte, Gonzáles (2022), Hallazgos similares fueron realizados para el municipio de Paipa-Boyacá, donde utilizaron imágenes Landsat 8 para identificar temperaturas urbanas y oasis urbanos. Descubrieron que la temperatura superficial en los periodos procesados de 2014 a 2021 superó los 30ºC, con los puntos más altos de TS ocurriendo en suelo desnudo a 32ºC y los oaasis urbanos variando en espacios verdes., de igual forma con respecto a Aguilar & Cabrera (2024), De acuerdo con el estado del arte actualizado, esto demuestra que toda la localidad de Ilo está situada en una isla de calor urbana de tamaño considerable. Llegamos a la conclusión de que, dado que es imposible evitar la expansión de las áreas edificadas, es necesario contar con soluciones que aumenten la cantidad de espacio verde por metro cuadrado. Esto se debe a que la temperatura de la superficie terrestre y, en consecuencia, las Islas de Calor Urbanas (UHI), son causadas por un suelo más erosionado y una cubierta vegetal menos saludable.

Así mismo con respecto al estudio realizado por Cacsire *et al.* (2023), son comparables en el sentido de que el cambio de la temperatura superficial causó un aumento de 0,252675 °C para el primer período entre 2001 y 2006, una disminución de 0,064775 °C para el segundo período entre 2006 y 2010, y un aumento de 0,1144 °C para el tercer período entre 2010 y 2018 debido al crecimiento demográfico anual de la ciudad de Villa Rica. 1144 °C, resultado de

la expansión demográfica anual de la ciudad de Villa Rica, que provoca la sustitución de los árboles por viviendas u otros lugares para vivir.

Así como también estos resultados comparados con Reyes *et al.* (2024), muestran algunas similitudes. La temperatura superficial medida por el sensor MODIS de Chiclayo entre los años 2001 y 2016 revela los valores promedio más altos durante el día en febrero para (37ºC), en la fronteera (37ºC), y en el area rural (35ºC) durante enero. La zona rural presenta las temperaturas medias más bajas en mayo (30ºC), seguida de la zona urbana en julio (28ºC), y la frontera en mayo (28ºC). La evolución temporal de la TSM durante el periodo nocturno presenta una fluctuación estacional con amplitudes comparables para todos los sitios, con valores máximos para las zonas urbana y fronteriza (20ºC) en marzo y la región rural (20ºC) en febrero. Del mismo modo, los valores mínimos de la zona urbana (20ºC) aparecen en agosto, mientras que los de la zona rural (20ºC) aparecen en febrero.

Finalmente en baso a los resultados de Melo (2024), son similares en el sentido de que muestran que la temperatura superficial de la localidad de Juliaca cambió con el tiempo entre 2015 y 2023. También muestran que las temperaturas superficiales máximas y mínimas durante el período de estudio aumentaron con el tiempo. Por ejm., en 2015, las temperaturas máximas y mínimas en superficie fueron bajas con 31,7 °C y 9,18 °C, mientras que en 2023, alcanzaron su pico más alto con 43,4 °C y 23,7 °C. A lo largo de los nueve años del estudio, las temperaturas máximas y mínimas en superficie aumentaron +11,6 °C y +14,5 °C. Estos datos muestran que el área urbana de Juliaca está cambiando en términos de temperatura.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Según los resultados se concluye que la temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri al año 1990 es de 15.58°C, además al año 1995 es de 16.47°C, de igual forma al año 2000 es de 16.84°C, también al año 2005 es de 16.06°C, de igual manera al año 2010 es de 18.94°C, mientras que al año 2015 es de 17.05°C, así también al año 2020 es de 17.39°C y al año 2024 es de 18.64°C; variando entre 15.58°C a 18.64°C, además presenta una tasa de cambio del 0.43% la cual es indicativo de que la temperatura superficial va en aumento en el periodo de 1995 – 2025.

SEGUNDA: Según los resultados, se concluye que mientras la cobertura vegetal (escasa vegetación y vegetación dispersa y moderada) presentan una tasa de cambio entre -0.07%; -0.02% y -0.23 (decrecimiento), la temperatura superficial va en aumento manifestando una relación inversamente proporcional; por lo cual se traduce que la temperatura superficial influye en el índice de vegetación de diferencia normalizada (cobertura vegetal) de la ciudad de Ayaviri en el periodo de 1995 – 2025.

TERCERA: Según los resultados se concluye que mientras la velocidad del viento presenta una tasa de cambio del -0.07% (decrecimiento), la temperatura superficial va en aumento representando una relación inversamente proporcional, por lo cual se traduce que la velocidad del viento influye en la temperatura superficial de la ciudad de *Ayaviri* en el periodo de 1995 – 2025.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda implementar un programa de monitoreo continuo mediante teledetección satelital multianual, integrando series Landsat con Sentinel-2 para validar tendencias y proyectar escenarios al 2030 mediante modelos de regresión lineal. Esta acción facilitaría la cuantificación precisa de la isla de calor urbana (ICU) y su correlación con el crecimiento demográfico local

SEGUNDA: Ya que se ha establecido que la ciudad de Ayaviri tiene una temperatura superficial más alta que las áreas rurales, se aconseja sugerir soluciones, estableciendo medidas tanto estructurales como no estructurales, tales como la concientización y forestación de áreas con árboles nativos, incluyendo Queñua, Colle y Tola, entre otros, en respuesta al incremento de la temperatura superficial asegurando 9 m^2 de área verde por habitante conforme a estándares OMS.

TERCERA: Se recomienda modelar dinámicas eólicas urbanas mediante integración de datos satelitales con estaciones meteorológicas locales (SENAMHI), desarrollando simulaciones CFD (dinámica de fluidos computacional) para optimizar la ventilación natural en la planificación urbana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, L., & Cabrera, S. (2024). *Islas de calor urbano y su relación con la cobertura de suelo en la ciudad de Ilo, 2022.* Ilo: Universidad Continental.

Álvarez, M. (2018). *Variación de la cobertura vegetal en el parque nacional Machalilla, mediante la evaluación de índices de vegetación, provincia de Manabí.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Angeles, J., Angeles, R., Flores, J., & Abi, H. (2019). Estimación de Isla de Calor Urbana Superficial en el Area Metropolitana de Iquitos/Peru. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 135 - 145.

Angeles, j., Flores, J., & Abi, H. (2020). Isla de Calor Urbana Superficial para Tres Megaciudades en África. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 1 - 12.

Angeles, R., Flores, J., Abi, H., Arana, G., & Angeles, R. (2019). Isla de Calor Urbana Superficial en las Áreas Metropolitanas de Huancayo y Arequipa/Perú. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 197 - 207.

Angles, J., Flores, J., & Abi, H. (2020). Isla de Calor Urbana Superficial para Tres Megaciudades en África. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 1 - 12.

Arana, G. (2018). *Isla de calor urbano superficial en las ciudades de Huancayo y Arequipa.* Huancayo: Universidad Alas Peruanas.

Arellano, B., & Roca, J. (2015). *Planificación urbana y cambio climático. Internacional Conference on Regional Science: Innovation and Geographical Spillovers:.* Bangladesh: New Approaches and Evidence.

Baena, G. (2017). *Metodologia de la investigacion.* Mexico: Grupo Editorial Patria. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

Bellet, C., & Olazabal, S. (2020). *Formas De Crecimiento Urbano De Las Ciudades Medias Españolas En Las Últimas Décadas.* Cevilla: Terr plural

Boyero, L., Lecuona, J., Canay, T., Tapia, R., Robertazzi, M., & Datri, L. (2019). *Variación de la isla de calor urbana regulada por el arbolado en una ciudad del valle inferior del río Limay (Neuquén).* Neuquén : Retrieved from .

Boza, Y. (2019). *Influencia de la cobertura vegetal en la temperatura superficial en el área metropolitana de Chiclayo durante 2001-2016.* Huancayo: Universidad Alas Peruanas.

Bustamante, A. (2018). Análisis de la isla de calor urbana en el entorno andino de Cuenca-Ecuador. *Investigaciones geograficas*, 167 - 179.

Caballero, C., & Lopez, V. (2023). Análisis de la variación de la Temperatura de la Superficie Terrestre (TST) y del Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (IVN) en el área metropolitana de Asunción. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 1 - 14.

Cabrera, E., & Vega, J. (2022). *Análisis del retroceso glaciar en los andes del norte del Ecuador durante un período de 30 años empleando teledetección.* Ibarra: Universida Tecnica del Norte.

Cacsire, M., Inga, L., & Salvatierra, J. (2023). *Cambio de cobertura vegetal de la laguna el oconal y variación de la temperatura superficial en la ciudad de*

Villa Rica, Pasco con datos landsat en el periodo 2001 – 2018. Callao: Universidad Nacional del Callao.

Castro, S., Leiva, N., Bolados, M., & Figueroa, J. (2018). *Riqueza y distribución de la flora urbana de Santiago de Chile: una aproximación basada en interpolación IDW. .* Santiago de Chile: Caderno de Pesquisa.

Condori, C. (2020). *Evaluación espacial para la identificación de islas de calor mediante el uso de imágenes satelitales Landsat 8 de los años 2014 y 2020 en la ciudad de Juliaca.* Juliaca: Univrsidad Peruana Union.

Córdova, J., & Sánchez, L. (2020). *Análisis de la variación multitemporal de la cobertura vegetal entre los años 2010-2018, en la cuenca del río Neshuya, Ucayali, Perú.* Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali.

Cui, Y., Yan, D., Hong, T., & Ma, J. (2017). *Temporal and spatial characteristics of the urban heat island in Beijing and the impact on building design and energy urban heat island in Beijing and the impact on building design and energy performance.* Beijing: Energy.

EPA. (2008). *Compendium of Estrategies Urban Heat Island Basics.* Ginebra: EPA.

Flores, R. (2019). *Relación entre el comportamiento dinámico del área glaciar del nevado santocoronado y las variaciones climáticas del entorno, Moquegua.* Moquegua: Universidad nacional de Moquegua .

Fuentes, G. (2018). *La isla de calor y la incidencia de la arborización urbana en el confort térmico del centro histórico de la ciudad de Arequipa.* Arequipa: Universidad Católica de Santa María.

Fuentes, G. (2018). *La isla de calor y la incidencia de la arborización urbana en el confort térmico del centro histórico de la ciudad de arequipa 2017.* Arequipa: Universidad Catolica de Santa Maria.

Gonzáles, F. (2022). *Analisis multiespectral por medio de imagen satelital lansat 8 para la determinación de la temperatura terrestre superficial del municipio de Paipa Boyacá.* Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

Hernández, R., & Mendoza, C. (2014). *Metodología d ela investigación: Las rutas cuantitativa,cualitativa y mixta.* Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.

Jami, L., Belén, M., Padilla, O., & Kirby, E. (2018). Análisis de la presencia de islas de calor en el Cantón Rumiñahui mediante el tratamiento de imágenes landsat 7 ETM. *Revista GEOESPACIAL*, 95 - 111.

KeniaAvdan, U., & Jovanoyska, G. (2016). *Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data.* Rusia: Journal of Sensors.

Lange, G. (2018). *Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo de la ciudad de puerto Ayora – Santa Cruz mediante el uso de la teledetección y sistemas de información geográfica.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Medina, M. (2018). *Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de estabilización del sector 'rio seco', distrito de la Joya, provincia de Arequipa.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa.

Melo, M. (2024). *Tendencia de islas de calor urbano y su relación con el cambio del índice de vegetación de diferencia normalizada en la ciudad de Juliaca - Puno, periodo 2015 - 2023.* Puno: Universidad Privada San Carlos.

Moreno, C., & Serra, J. (2016). *El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo: una revisión bibliográfica.* Marruecos: Biblio3W, XXI (179). Retrieved from.

MVCS. (2015). *Plan Nacional de Desarrollo Urbano 2006-2015.* Lima: Ministerio de Vivienda Construccion y Saneamiento.

Pacheco, G. (2020). *Islas de calor urbano mediante imágenes satelitales en la ciudad de Juliaca durante el año 2019.* Julaica: Univeridad Nacional de Juliaca.

Pereira, A., Simionatto, H., Arantes, L., Santacruz, A., & Collins, D. (2024). Relación espacio-temporal de la temperatura superficial con el tipo de cobertura y uso del suelo, en los barrios del municipio de Paracatu, Mina Gerais, Brasil. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 235 - 249.

Porras, P. (2018). *Detección de núcleos de islas de calor en la ciudad de Arequipa.* Lima : Universidad Nacional Agraria la Lomilna .

Porras, P. (2018). *Detección de núcleos de islas de calor en la ciudad de Arequipa.* Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Pozo, G. (2018). *Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo de la ciudad de Puerto Ayora – Santa Cruz mediante el uso de la teledetección y sistemas de información geográfica.*

Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29495

Quispe, B., & Revolo, R. (2020). Temperatura superficial y estado de la vegetación del bosque de Polylepis spp, distrito de San Marcos de Rocchac, Huancavelica - Perú. *Ciencias Forestales y del Ambiente*, 69-86.

Reyes, C., Chavoya, M., López, M, Prieto, J., Hinojosa, F., & Vega, D. (2024). Análisis de la temperatura superficial en las áreas verdes de la ciudad de Durango, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1 - 27.

Soberon, V., & Obregón, E. (2016). *Identificación de islas de calor en la ciudad de Lima Metropolitana utilizando imágenes del Satélite Landsat 5TM.* Lima: Anales Científicos.

Soberón, V., & Obregon, E. (2017). Identificación de islas de calor en la ciudad de Lima metropolitana utilizando imágenes del satélite landsat 5TM. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 1 - 11.

Yang, L., Qian, F., Song, & Zheng, K. (2016). *Research on Urban Heat-Island Effect.* Islandia: Procedia Engineering.

ANEXOS

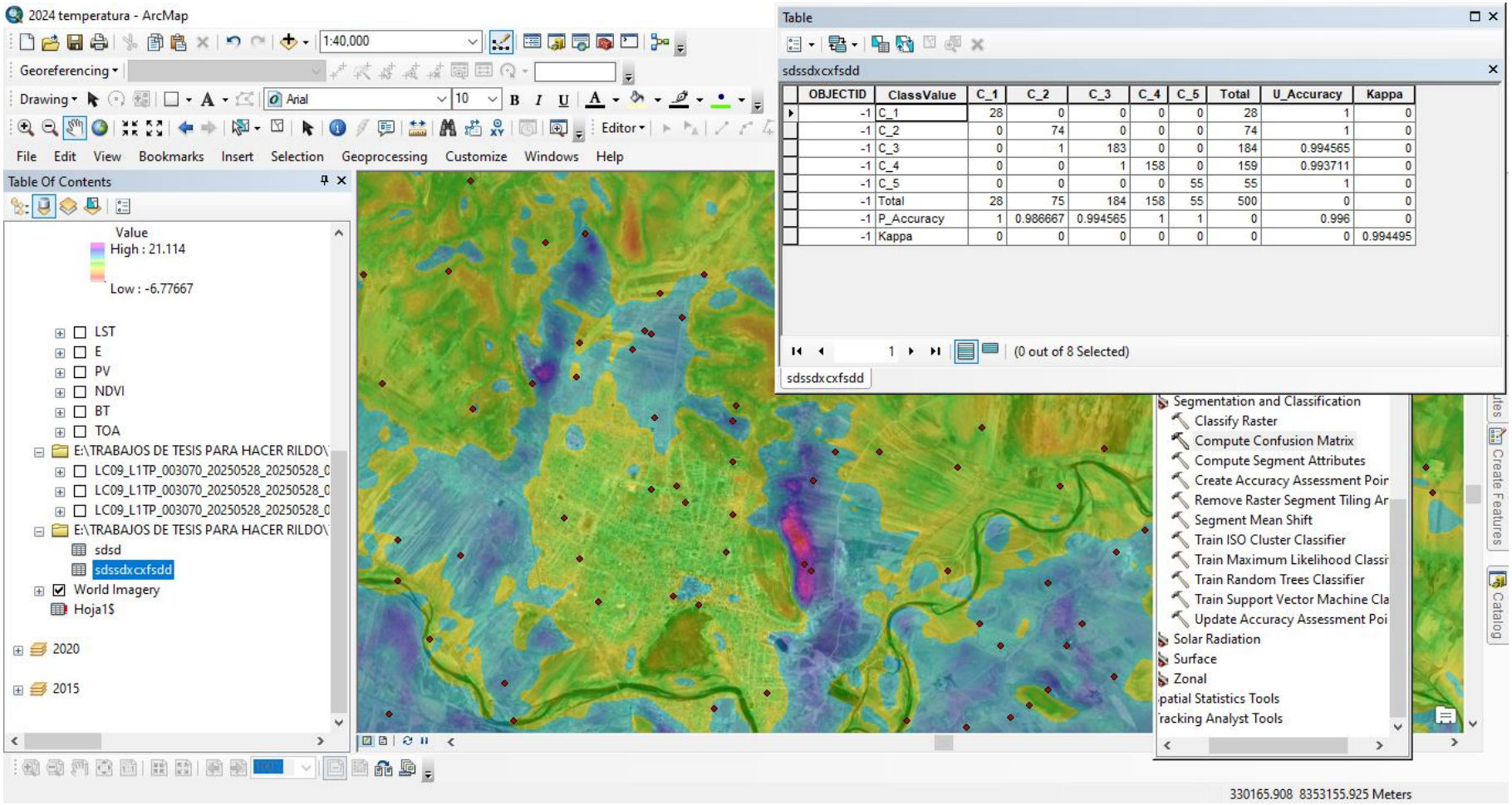
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Anexo 1. Matriz de consistencia

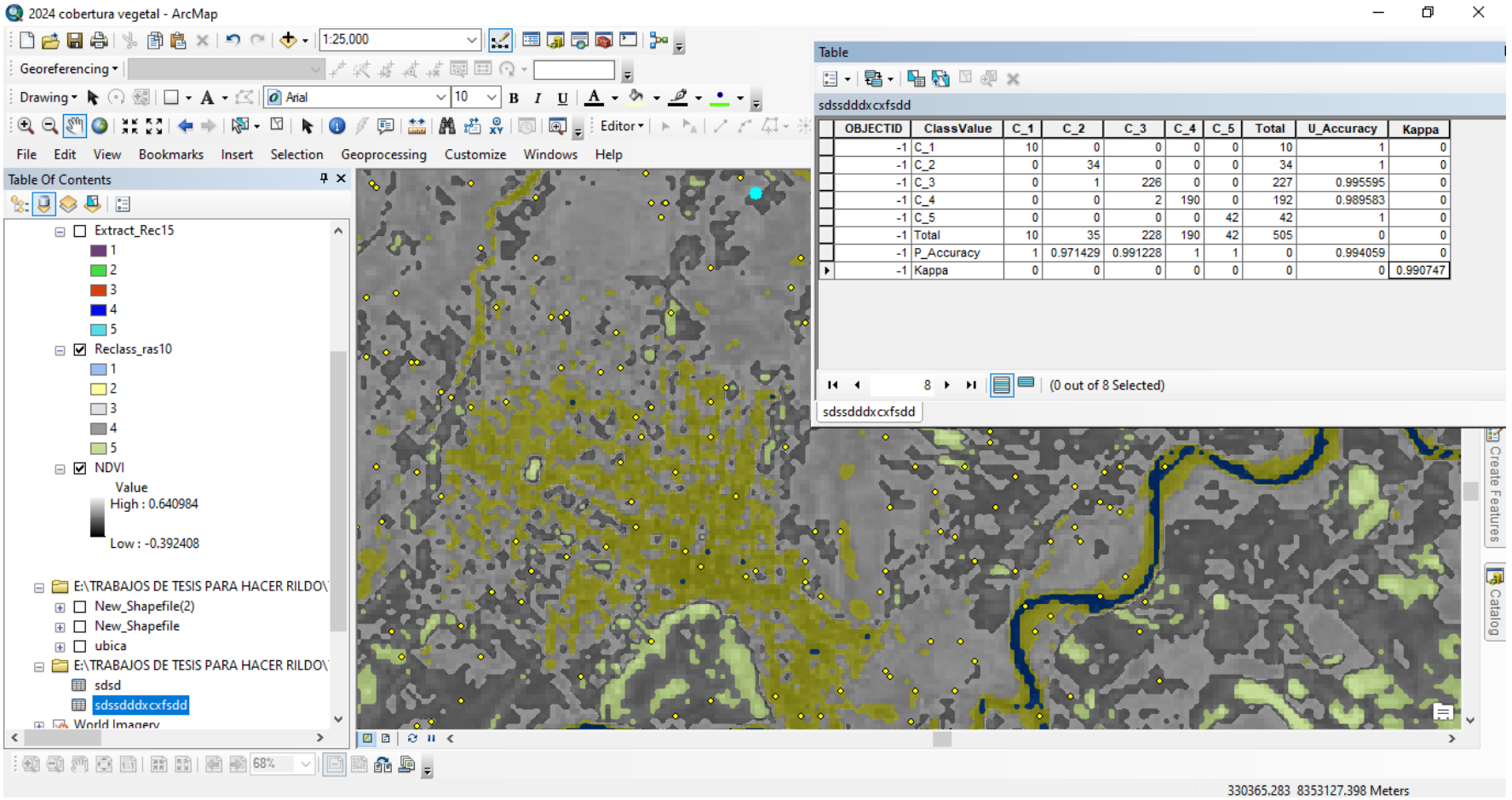
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UND	METODOLOGIA
General	**General**	**General**	**Independiente**		Landsat 5	---	
					Landsat 7	---	**Diseño de investigación**
¿Cuál es el comportamiento de la temperatura superficial empleando imágenes satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri en el periodo (1990 – 2025)?	Determinar la temperatura superficial empleando imágenes satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri en el periodo (1990 – 2025)	La temperatura superficial empleando imágenes satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri va en incremento en el periodo (1990 – 2025)	Imágenes satelitales Landsat	Imagen satelital Landsat	Landsat 8	---	No experimental
					Landsat 9	---	
				Periodo de análisis			**Tipo de investigación**
					Año 1990 al año 2025	---	Aplicativo
Especificas	**Especificas**	**Especificas**	**Dependiente**	Corrección de imágenes satelitales	Radiométrica	---	
					Atmosférica	---	
¿Cuánto es la temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)?	Estimar la temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)	La temperatura urbana de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat varia entre 15°C a 20°C en el periodo (1990 – 2025)			Radiancia	$W\ m^{-2}$	
					Reflectancia	nm	
				Temperatura superficial de la ciudad	Emisividad de la superficie	---	
					Temperatura de la superficie	°C	
¿Cuál es la influencia del Índice de Vegetación de	Estimar la influencia del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	Temperatura superficial	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	Banda 5	---	
					Banda 4	---	
				Viento	Velocidad del viento	m/s	
					Dirección del viento	---	

Diferencia Normalizada (NDVI) en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)? ¿Cuál es la influencia de la velocidad y dirección del viento en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)?	(NDVI) en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025) Estimar la influencia de la velocidad y dirección del viento en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)	influye significativamente en la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025) La velocidad y dirección del viento influye significativamente en la distribución de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri empleando imágenes satelitales Landsat en el periodo (1990 – 2025)		---

Anexo 2. Índice Kappa de la temperatura superficial de la ciudad de Ayaviri



Anexo 3. Índice Kappa de la cobertura vegetal de la ciudad de Ayaviri



Anexo 4. *Datos de temperatura superficial (°C) según SENAMHI*

Mes	Año							
	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**
Enero	16.80	18.80	18.40	18.40	17.60	17.20	15.40	17.60
Febrero	17.90	18.20	17.20	17.40	18.40	17.00	17.40	18.00
Marzo	17.90	16.00	15.60	17.80	19.00	17.20	16.00	15.60
Abril	17.00	17.20	17.20	18.40	19.40	16.40	16.80	16.40
Mayo	19.40	18.00	17.20	18.40	18.80	18.40	19.00	16.00
Junio	16.20	17.00	16.00	17.40	19.00	19.20	16.60	16.60
Julio	16.40	18.00	16.60	17.20	19.60	18.40	18.60	18.61
Agosto	17.40	19.00	19.20	18.60	18.60	17.80	16.40	18.00
Setiembre	18.20	18.40	19.20	19.60	22.20	18.80	18.40	17.80
Octubre	17.60	19.80	18.20	20.40	20.20	21.40	18.00	19.20
Noviembre	17.00	19.80	19.80	19.20	21.00	21.00	20.20	19.60
Diciembre	17.90	17.40	19.20	18.40	20.00	19.00	17.40	20.40
Media	**17.48**	**18.13**	**17.82**	**18.43**	**19.48**	**18.48**	**17.52**	**17.82**
T° Min.	**16.20**	**16.00**	**15.60**	**17.20**	**17.60**	**16.40**	**15.40**	**15.60**
T° Max.	**19.40**	**19.80**	**19.80**	**20.40**	**22.20**	**21.40**	**20.20**	**20.40**

Anexo 5. *Datos de temperatura superficial (°C) según la NASA*

Año	Mes												
	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
2025	3.06	2.99	4.09	2.78	2.67	2.93	2.99	3.10	3.13	3.18	3.06	4.12	4.12
2025	6.50	6.24	9.13	5.81	5.49	6.09	5.92	6.37	6.47	7.76	7.09	7.49	9.13
2025	5.16	5.38	5.23	4.59	4.73	5.31	6.24	5.55	5.53	6.29	5.53	5.36	6.29
2025	4.97	4.63	4.39	5.02	5.09	5.48	6.64	5.88	5.84	5.66	4.57	4.42	6.64
2025	5.54	4.96	5.81	4.59	3.83	4.38	4.46	4.92	4.74	5.69	5.36	6.98	6.98
2025	6.47	5.77	5.51	5.38	4.36	4.55	6.85	6.56	5.77	7.59	6.24	6.43	7.59
2025	4.74	4.30	3.62	5.17	4.57	4.74	7.57	5.93	5.55	5.76	4.48	5.47	7.57
2025	4.84	3.99	4.03	5.84	5.54	5.70	7.81	6.74	6.74	5.63	3.74	4.54	7.81
2025	6.74	6.05	5.61	4.79	4.62	4.33	5.90	5.31	5.03	7.00	6.21	6.75	7.00
2025	5.63	4.79	4.99	4.63	3.92	3.63	7.18	6.26	4.84	6.76	6.60	5.77	7.18
2025	6.01	4.82	5.53	5.62	4.82	5.04	8.12	7.05	5.95	6.47	6.41	6.83	8.12
2025	6.17	4.58	3.92	5.76	5.32	5.78	8.22	7.03	7.26	6.02	6.51	6.12	8.22
2025	7.65	6.72	6.52	5.90	5.96	5.35	7.26	7.96	6.86	7.87	7.23	7.87	7.96
2025	6.64	6.00	7.04	5.49	5.00	3.72	7.48	6.89	6.68	7.00	6.79	7.09	7.48
2025	6.53	5.84	5.37	5.63	5.92	5.76	8.16	7.69	6.36	7.41	6.13	7.05	8.16
2025	6.07	6.63	4.59	5.56	5.94	5.68	8.26	7.33	6.33	7.25	8.04	7.85	8.26
2025	8.23	7.21	7.58	6.27	5.91	5.91	8.07	8.58	7.31	9.05	8.33	8.58	9.05
2025	7.35	6.53	6.42	5.69	5.93	4.47	8.86	7.75	6.27	7.25	6.92	7.17	8.86
2025	7.00	6.63	6.26	6.83	6.30	5.75	8.39	7.65	6.70	8.34	7.38	7.36	8.39
2025	7.39	7.71	6.82	6.60	6.24	5.86	8.11	7.37	7.37	8.05	7.91	7.94	8.11
2025	6.84	6.09	6.42	5.19	5.20	5.44	8.49	7.78	6.64	6.95	6.12	6.28	8.49
2025	7.88	7.20	7.01	6.06	6.55	5.66	9.47	8.38	5.75	7.49	6.70	6.74	9.47
2025	6.09	7.52	6.44	6.51	5.76	5.63	7.89	7.55	7.22	7.71	7.32	7.32	7.89
2025	7.14	7.10	6.62	6.45	5.65	5.55	6.78	6.71	6.72	7.17	7.27	7.16	7.27

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☐ Fecha de entrega: 12 - 12 - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Ana Leticia Tuni Leon
Dirección: Jr. Hipolito Valdez S/N.
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73590952
Teléfono: 988331550 email: analeticiatunileon@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: facultal de ingenieria y ciencias puras
Escuela Profesional o Mención: Ingenieria Sanitaria y ambiental
Título o Grado Académico a optar: Ingeniero Sanitario y ambiental
Asesor: Dr. Arnaldo Yana Torres
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐
Título: Evaluación de la temperatura superficial empleando imagenes Satelitales Landsat en la ciudad de Ayaviri 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos):

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1, 2]?

[1] Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
[2] Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Titulo ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a):_____

☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comérciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

☒ Sí autorizo

☐ No autorizo

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral**. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

- [x] Internacional
- [ ] Nacional

Línea de investigación: Contaminación y Calidad ambiental - p22



Firma de Autor | huella digital | 12 de Diciembre del 2025
Fecha

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/