



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica

Análisis de las lomas costeras del Perú por efecto de la Temperatura Superficial del Mar durante fenómenos de El Niño (1996-2000 y 2015-2019)

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Geógrafa

AUTORES

Fiorella Alessandra BOCANEGRA MUÑANTE

Tiffany Grissel BAUTISTA PATIÑO

ASESOR

Dr. Francisco Alejandro ALCÁNTARA BOZA

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Bocanegra, F. & Bautista, T. (2024). *Análisis de las lomas costeras del Perú por efecto de la Temperatura Superficial del Mar durante fenómenos de El Niño (1996-2000 y 2015-2019)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Fiorella Alessandra Bocanegra Muñante
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70879825
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-3309-5426
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	Tiffany Grissel Bautista Patiño
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72969482
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Francisco Alejandro Alcántara Boza
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	27074721
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9127-4450
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	José Jorge Espinoza Eche
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06184372
Miembro del jurado	
Nombres y apellidos	Anggelo Andrés Tena Barrera

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	44818179
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.1.17. Climatología
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<u>Loma Ochiputur</u> Departamento: La Libertad Provincia: Trujillo Distrito: Salaverry Latitud: -8.186111° Longitud: -78.962017° <u>Loma Villa María</u> Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Villa María del Triunfo Latitud: -12.136815° Longitud: -76.921696° <u>Loma Tacahuay</u> Departamento: Tacna Provincia: Jorge Basadre Distrito: Ite Latitud: -17.734167° Longitud: -71.113611°
Año o rango de años en que se realizó la investigación	1996 al 2000 y 2015 al 2019
URL de disciplinas OCDE	Ciencias del medio ambiente http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08 Investigación climática http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.10



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓGRAFO

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el día viernes 12 de julio del 2024, siendo las 16:00 horas, en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Dr. JOSÉ JORGE ESPINOZA ECHE
Mg. ANGGELO ANDRÉS TENA BARRERA

Presidente
Miembro

Reunidos en Acto Académico Público de Sustentación de la Tesis titulada: «ANÁLISIS DE LAS LOMAS COSTERAS DEL PERÚ POR EFECTO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DURANTE FENÓMENOS DE EL NIÑO (1996-2000 Y 2015-2019)», para optar el Título Profesional de Ingeniera Geógrafa.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon a las Bachilleres las preguntas pertinentes, que fueron absueltas por las tesista: SATISFACTORIO

Concluida la sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue: DESISTE (17) APROBADO CON HONOR AUREO

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA GEÓGRAFA, a Doña FIORELLA ALESSANDRA BOCANEGRA MUÑANTE y TIFFANY GRISEL BAUTISTA PATIÑO.

Siendo las 17:30 horas, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Ciudad Universitaria, 12 de julio del 2024

Dr. JOSÉ JORGE ESPINOZA ECHE
PRESIDENTE

Mg. ANGGELO ANDRÉS TENA BARRERA
MIEMBRO

Dr. FRANCISCO ALEJANDRO ALCÁNTARA BOZA
ASESOR DE TESIS



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Alcántara Boza Francisco Alejandro, en mi condición de asesor acreditado con la **Resolución Decanal N°001166-2023-D-FIGMMG/UNMSM** de la tesis, cuyo título es **Análisis de las lomas costeras del Perú por efecto de la Temperatura Superficial del Mar durante fenómenos de El Niño (1996-2000 y 2015-2019)**, presentada por los bachilleres **Fiorella Alessandra Bocanegra Muñante y Tiffany Grissel Bautista Patiño** para optar el título de Ingeniera Geógrafa. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **16% de similitud**, nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título correspondiente.

Firma del Asesor: _____

DNI: 27074721

Francisco Alejandro Alcántara Boza



DEDICATORIA

Me gustaría dedicar esta tesis a toda mi familia.

A mi abuelita Ana, quien es una cálida y hermosa persona, que me enseñó mucho de la vida .

A mis padres, Nancy y Jorge, por su constante amor, apoyo y confianza en mí.

A mi hermanito Fabián, quien es una parte fundamental de mi vida.

También, quiero agradecer a toda mi familia y amigos que siempre han estado a mi lado, tanto en los momentos buenos como en los difíciles.

Además, deseo expresar mi sincera gratitud hacia todas aquellas personas que han contribuido en mi trayecto desde estudiante hasta profesional, tanto en mi desarrollo académico como en mi crecimiento personal. Agradezco a Dios por permitirme dar cada paso en mi camino.

A todos ellos, les doy las gracias de todo corazón.

Fiorella Alessandra Bocanegra Muñante

A mis padres y seres amados, quienes han sido mi fuente inagotable de amor, apoyo y sabiduría. Su inquebrantable fe en mí y su constante aliento han sido la luz que ha iluminado cada paso de este camino académico. Esta tesis es un tributo a su amor incondicional y dedicación.

A mis amigos, quienes han compartido risas, alegrías y también desafíos a lo largo de este viaje. Su compañía y amistad han hecho que cada obstáculo sea más llevadero y cada triunfo más significativo.

Esta tesis está dedicada a ustedes, mis padres, familiares y amigos, como muestra de mi profundo agradecimiento por todo su amor, apoyo y confianza. Sin su presencia y aliento, este logro no habría sido posible. ¡Gracias por ser mi inspiración y por estar siempre a mi lado!.

Bautista Patiño Tiffany Grissel

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a todas las personas que estuvieron con nosotras y contribuyeron a hacer posible la presente investigación.

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud al Dr. Alejandro Alcántara Boza, nuestro asesor, por su constante apoyo, valiosas sugerencias y sabios consejos durante todo el proceso de elaboración de esta tesis.

Asimismo, quiero reconocer el invaluable aporte del Ing. Anggelo Tena Barrera, nuestro coasesor. Su disposición para brindarnos asesoría en los momentos que lo necesitábamos, así como su voluntad para guiarnos y contribuir con sus conocimientos, fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Por último, pero no menos importante, deseo agradecer a todos nuestros amigos y familiares por su apoyo incondicional a lo largo de este proyecto. Su aliento y respaldo fueron un pilar fundamental en cada paso del camino.

A todos ustedes, ¡muchas gracias!

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	12
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Introducción	12
1.2. Planteamiento del problema	13
1.2.1. Descripción de la problemática	13
1.2.2. Formulación del problema	14
1.2.2.1. Pregunta general	14
1.2.2.2. Preguntas específicas	15
1.3. Objetivos de la investigación	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. Importancia y alcance de la investigación	15
1.4.1. Importancia	15
1.4.2. Alcance	16
1.5. Limitaciones de la Investigación	17
CAPÍTULO II	18
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes Nacionales	19
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. Lomas Costeras	21
2.2.1.1. Características de las Lomas Costeras	22
2.2.1.2. Relación entre las Lomas costeras y el Fenómeno de El Niño	23
2.2.1.3. Identificación de las Lomas Costeras	23
2.2.2. Temperatura Superficial Del Mar (TSM)	29
2.3. Definición de términos	33
CAPÍTULO III	34
3. HIPÓTESIS Y VARIABLES	34
3.1. Las Hipótesis	34
3.1.1. Hipótesis General	34
3.1.2. Hipótesis Específicas	34
3.2. Las Variables	34
3.2.1. Variables Dependientes	34
3.2.1.1. Lomas costeras	34

3.2.2. Variables Independientes	34
3.2.2.1. Temperatura Superficial del Mar	34
3.3. Operacionalización de variables	35
CAPÍTULO IV	36
4. MATERIALES Y MÉTODOS	36
4.1. Tipo y diseño	36
4.2. Unidad de Análisis	36
4.3. Población	36
4.4. Muestra	36
4.5. Área de estudio	36
4.5.1. Loma Ochiputur	38
4.5.1.1. Ubicación geográfica	38
4.5.1.2. Aspectos físicos	38
a) Geología	38
b) Fisiografía y/o geomorfología	38
c) Suelos	39
d) Clima	40
e) Hidrografía e hidrología	41
4.5.1.3. Aspectos biológicos	41
a) Zonas de vida	41
b) Flora y Fauna	41
4.5.1.4. Aspectos socioeconómicos	44
4.5.2. Loma Villa María	44
4.5.2.1. Ubicación geográfica	44
4.5.2.2. Aspectos físicos	44
a) Geología	44
b) Fisiografía y/o geomorfología	45
c) Suelos	45
d) Clima	46
e) Hidrografía e hidrología	47
4.5.2.2. Aspectos biológicos	47
a) Zonas de vida	47
b) Flora y Fauna	48
4.5.2.3. Aspectos socioeconómicos	49
a) Características demográficas	49
4.5.3. Loma Tacahuay	49
4.5.3.1. Ubicación geográfica	49

4.5.3.2. Aspectos físicos	50
a) Geología	50
b) Fisiografía y/o geomorfología	50
c) Suelos	51
d) Clima	51
e) Hidrografía e hidrología	52
4.5.3.3. Aspectos biológicos	52
a) Zonas de vida	53
b) Flora y fauna	53
4.5.3.4. Aspectos socioeconómicos	55
4.6. Diseño de investigación	56
4.7. Procedimiento general de la investigación	56
4.7.1. Obtención de datos	58
4.7.1.1. Google Earth Engine (GGE)	58
4.7.1.2. Instituto del Mar del Perú (IMARPE)	59
4.7.1.3. Nasa Power	62
5. RESULTADOS	63
5.1. Análisis de resultados	63
5.1.1. Índice De Vegetación De Diferencia Normalizada (NDVI)	63
5.1.1.1. Loma Ochiputur	64
5.1.1.2. Loma Villa María	69
5.1.1.3. Loma Tacahuay	74
5.1.1.4. Comparativo de la cuantificación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	79
5.1.1.5. Gráficos de tendencia lineal desde el año 1996 al 2019 por rangos de clasificación	80
5.1.2. Temperatura Superficial del Mar (TSM)	87
5.1.3. Temperatura Ambiental	89
5.1.4. Humedad específica	90
5.2. Validación de Hipótesis	91
5.2.1. Loma Ochiputur	91
5.2.2. Loma Villa María	95
5.2.3. Loma Tacahuay	98
6. DISCUSIÓN	102
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
7.1. Conclusiones	104
7.2. Recomendaciones	105

8. REFERENCIAS	107
9. ANEXOS	121
Anexo 9.1. Datos de Temperatura superficial del mar de las estaciones para las lomas de Ochiputur, Tacahuay y Villa María.	121
Anexo 9.2. Datos de Temperatura ambiental de las lomas de Ochiputur, Tacahuay y Villa María.	122
Anexo 9.3. Datos de Humedad específica de las lomas de Ochiputur, Tacahuay y Villa María.	123
Anexo 9.4. Código en GGE del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	124
Anexo 9.5. Fotografía de las Lomas Costeras	125
Anexo 9.6. Matriz de consistencia	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formación de la vegetación del ecosistema de Lomas.	22
Figura 2. Espectro electromagnético.	24
Figura 3. Representación del satélite Landsat 8 en el espacio.	25
Figura 4. Diagrama de los componentes del editor de código de GGE.	27
Figura 5. Temperatura superficial del mar (°C).	30
Figura 6. Áreas de las regiones “El Niño” usadas para el monitoreo y evaluación del ENSO.	32
Figura 7. Mapa de ubicación de las lomas de estudio	36
Figura 8. Mapa de altitudes de las lomas de estudio.	37
Figura 9. Distancia del mar y la loma Ochiputur.	40
Figura 10. Distancia del mar y la loma Villa Maria	47
Figura 11. Distancia del mar y la loma Tacahuay	52
Figura 12. Diagrama de flujo	57
Figura 13. Estaciones de monitoreo de Huanchaco, Callao e Ilo de IMARPE	60
Figura 14. Distancia entre la Loma Ochiputur y la estación Huanchaco.	61
Figura 15. Distancia entre la Loma de Villa María y la estación Callao	61
Figura 16. Distancia entre la Loma de Tacahuay y la estación Ilo.	62
Figura 17. Gráfico de comparación de la vegetación en la loma de Ochiputur.	79
Figura 18. Gráfico de comparación de la cobertura vegetal en la loma de Villa María.	80
Figura 19. Gráfico comparativo de la cobertura vegetal en la loma de Tacahuay.	80
Figura 20. La cuantificación de los intervalos de reclasificación desde 1996 hasta 2000 en las Lomas de Ochiputur.	81
Figura 21. Cuantificación de los rangos de reclasificación de 2015 al 2019 de las Loma de Ochiputur.	82
Figura 22. Cuantificación de los rangos de reclasificación de 1996 al 2000 de las Loma de Villa María.	83
Figura 23. Cuantificación de los rangos de reclasificación de 2015 al 2019 de las Loma de Villa María.	84
Figura 24. Cuantificación de los rangos de reclasificación de 1996 al 2000 de las Loma de Tacahuay.	85
Figura 25. Cuantificación de los rangos de reclasificación de 2015 al 2017 de las Loma de Tacahuay.	86
Figura 26. Temperatura Superficial del Mar desde 1996 al 2019 de la Estación Huanchaco.	87
Figura 27. Temperatura Superficial del Mar desde 1996 al 2019 de la Estación Callao	88
Figura 28. Temperatura Superficial del Mar desde 1996 al 2019 de la Estación Ilo.	88
Figura 29. Comparativo de la Temperatura Superficial del Mar desde 1996 al 2019 por	

temporadas entre las estaciones.	89
Figura 30. Gráfico de comparación de las temperaturas ambientales de las lomas.	90
Figura 31. Gráfico de comparación de las humedades específicas de las lomas.	90
Figura 32. Relación gráfica entre variables	92
Figura 33. Relación gráfica Normal Q-Q Plot	93
Figura 34. Gráfica de Densidad de Residuos	94
Figura 35. Relación gráfica entre variables	95
Figura 36. Relación gráfica Normal Q-Q Plot	96
Figura 37. Gráfica de Densidad de Residuos	97
Figura 38. Relación gráfica entre variables	99
Figura 39. Relación gráfica Normal Q-Q Plot	100
Figura 40. Gráfica de Densidad de Residuos	101
Figura 41. Gráfico comparativo de la vegetación de cada loma de estudio.	103
Figura 42. Cactus en las Lomas de Ochiputur	125
Figura 43. Flor de Amancaes en las Lomas de Ochiputur	125
Figura 44. Paisaje de las Lomas de Ochiputur	125
Figura 45. Suelo de las Lomas de Villa María	126
Figura 46. Árboles en las lomas de Villa María	126
Figura 47. Vegetación en las Lomas de Villa María	126
Figura 48. Vegetación en las Lomas de Villa María	126
Figura 49. Paisaje de las Lomas de Tacahuay	127
Figura 50. Vista panorámica de las lomas de Tacahuay	127
Figura 51. Vegetación en las Lomas de Tacahuay	127
Figura 52. Vegetación en las Lomas de Tacahuay	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del sensor TM, Landsat 5	25
Tabla 2. Características del sensor MSS, Landsat 5	25
Tabla 3. Características del sensor OLI, Landsat 8	26
Tabla 4. Características de las bandas del Landsat 8.	26
Tabla 5. Zonas de monitoreo del ENSO sobre el Pacífico ecuatorial.	32
Tabla 6. Variables	35
Tabla 7. Descripción de la flora en las Lomas de Ochiputur.	42
Tabla 8. Descripción de aves y reptiles de las Lomas de Ochiputur.	43
Tabla 9. Patrón de desarrollo de las especies, en las lomas de Amancaes y Villa María durante septiembre y octubre de 2011.	48
Tabla 10. Lista de algunas aves-Loma Villa María del Triunfo.	48
Tabla 11. Flora Silvestre de la Loma Tacahuay	54
Tabla 12. Avifauna de la Loma Tacahuay	54
Tabla 13. Mamíferos de la Loma Tacahuay	55
Tabla 14. Herpetofauna de la Loma Tacahuay.	55
Tabla 15. Rangos de reclasificación	58
Tabla 16. Estaciones de monitoreo	59
Tabla 17. Descripción del instrumento de medición.	60
Tabla 18. Rangos de reclasificación del suelo	63
Tabla 19. Lomas de Ochiputur con imágenes Landsat 5, periodo 1996 al 2000.	64
Tabla 20. Imágenes Landsat 8, periodo 2015 al 2019	66
Tabla 21. Imágenes Landsat 5, periodo 2015 al 2019	69
Tabla 22. Imágenes Landsat 8, periodo 2015 al 2019	72
Tabla 23. Imágenes Landsat 5, periodo 1996 al 2000	74
Tabla 24. Imágenes Landsat 8, periodo 2015 al 2019	77
Tabla 25. Datos descriptivos sobre el análisis de correlaciones	92
Tabla 26. Datos descriptivos de modelo de Regresión Lineal Múltiple	93
Tabla 27. Análisis de Multicolinealidad	94
Tabla 28. Datos descriptivos sobre el análisis de correlaciones	95
Tabla 29. Modelo de Regresión Lineal Múltiple	96
Tabla 30. Análisis de Multicolinealidad	97
Tabla 31. Datos descriptivos sobre el análisis de correlaciones	98
Tabla 32. Modelo de Regresión Lineal Múltiple	99
Tabla 33. Análisis de Multicolinealidad	100

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En la tesis presentada, se determinará si la Temperatura Superficial del Mar (en adelante “TSM”) influye en las lomas costeras pero primero debemos saber qué son. Se trata de ecosistemas únicos, que funcionan como islas retiradas en un desierto súper seco, es por ello que son denominados “Oasis de vegetación de neblinas” (Rundel et al, 1991; MINAM 2019); Estas lomas contienen un legado histórico almacenando muchas herbáceas (MINAM 2023), pero se debe considerar que son afectadas por el clima, el cual es influenciado por la TSM en la temporada del fenómeno de El Niño, causando impactos en el litoral costero y aumentando la TSM (MINAM, 2018), siendo la más afectada la costa norte del Perú (SENAMHI, 2022).

Estudios recientes, como el realizado por León en 2022, han explorado el comportamiento de las lomas costeras a través del análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Este estudio reveló que a medida que la altitud disminuye, las lomas experimentan una reducción gradual en la costa central del Perú, estableciendo una conexión entre la vegetación y el clima en este ecosistema. Cano et al. (1999), Dillon (2003) y Velásquez (2013), indican que durante la ocurrencia de fenómenos ENSO (El Niño-Southern Oscillation) o El Niño, los vientos alisios habituales se debilitan, afectando a la TSM. Según el IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) en su informe de 2007, los cambios climáticos podrían aumentar la frecuencia y la intensidad de estos fenómenos.

Las zonas de estudio comprenden las lomas Ochiputur, Villa María y Tacahuay, ubicadas en la costa norte, centro y sur del Perú, respectivamente. Estas áreas albergan una rica diversidad de flora y fauna, que se ven afectadas por el Océano Pacífico y las variaciones anómalas relacionadas con su cercanía con la costa peruana.

Por ende, el objetivo de la tesis es investigar cómo la TSM afecta las lomas costeras (en Ochiputur, Villa María y Tacahuay), durante los períodos de fenómenos de El Niño. Para realizar esta investigación, se recopiló información sobre la TSM y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Además, se llevó a cabo la descripción física de las lomas de la costa, evaluando la extensión y la temporalidad de la cobertura vegetal. Los datos del índice de vegetación se procesaron empleando Google Earth Engine y Fragstats, considerando un período que abarca desde 1996 hasta 2000 y desde 2015 hasta 2019. Por

último, se llevaron a cabo análisis detallados de los resultados adquiridos para investigar la relación entre la TSM durante los eventos de El Niño y su impacto en las lomas costeras.

La presente investigación se centra en la problemática de la influencia de la TSM durante las temporadas del Fenómeno de El Niño en las lomas de la costa. La investigación abordará la justificación, hipótesis, variables y objetivos para ofrecer una comprensión más amplia y detallada de esta cuestión. Además, se presentarán antecedentes tanto a nivel nacional como internacional, junto con fundamentos teóricos que respaldan la comprensión de la relación entre la TSM y las lomas costeras.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Descripción de la problemática

Durante el fenómeno de El Niño, las variaciones en la TSM afectan significativamente la costa norte del Perú. Este impacto se debe a las anomalías y un incremento en los grados de la TSM específicamente en las áreas comprendidas entre las latitudes 0° y 10° Sur, así como las longitudes 90° y 80° Oeste, causando sequías e inundaciones y altas temperaturas que generan una disminución de la variedad ictiológica al cambiar los patrones de temperatura del océano y desplazar a las especies marinas (SENAMHI, 2022 y MINAM, 2018). Además, este fenómeno conduce a la restauración natural de los bosques en la costa norte y contribuye al incremento de las temperaturas del mar durante los períodos de otoño e invierno, lo que a su vez reduce la probabilidad de heladas, como señala un informe del MINAM de 2014. También provoca cambios meteorológicos en variadas regiones del mundo, incluyendo un aumento en la humedad y la ocurrencia de precipitaciones intensas, según estudios de Rutllant y Fuenzalida en 1991, así como de Voituriez y Jacques en 2000.

Las lomas costeras, que son ecosistemas frágiles cumplen un rol de servicio ecosistémico (EbA Lomas, 2018). En cuanto a la vegetación de las lomas, se observó un notable aumento en la diversidad de especies de plantas, el cual se atribuye a la mayor cantidad de precipitación y al contenido de humedad en el suelo. Además, se llevó a cabo una comparación con los niveles de precipitación con el año anterior. Según un estudio realizado por Jiménez y sus colegas en 1999, se encontró que durante el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) de 1997-1998, la precipitación fue aproximadamente diez veces mayor en comparación con años anteriores.

Durante la ocurrencia del Fenómeno de El Niño de poca intensidad, se observan cambios prolongados en las lomas costeras hasta diciembre, si es de intensidad moderada, la temporada de florecimiento de las lomas se prolonga durante el verano, siempre y cuando continúen las precipitaciones (Nieuwland y Mamani, 2016).

Sin embargo, al analizar la imagen satelital y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, asociados al mes de enero de 1998, se visualiza que todas las laderas no intervenidas estaban cubiertas de vegetación. Este fenómeno significativo y recurrente ocurrió durante el año 1998, en el que se registraron cambios destacables en las temperaturas y la precipitación. Se trató de un evento extraordinario causado por el Fenómeno de El Niño (Miyasiro, 2016).

En las lomas costeras durante la incidencia del fenómeno de El Niño, se observa una expansión de las áreas de vegetación que supera los límites determinados por el SERFOR, generando una zona de amortiguamiento más extensa. Por esta razón, es crucial comprender la relación entre este ecosistema estacional y la TSM durante el fenómeno de El Niño, especialmente dado que suelen experimentar un reverdecimiento notable entre los meses de junio y noviembre. Dada la escasez de estudios al respecto, se pretende realizar un análisis exhaustivo de la variación en la dinámica de estas áreas y la influencia de la Temperatura Superficial del Mar asociada al fenómeno de El Niño.

1.2.2. Formulación del problema

1.2.2.1. Pregunta general

- ☐ ¿Cuál fue el impacto de la Temperatura Superficial del Mar en las lomas costeras en el transcurso del Fenómeno de El Niño, en los periodos 1996 - 2000 y 2015 - 2019?

1.2.2.2. Preguntas específicas

- ☐ ¿Cómo varió temporalmente el paisaje de las lomas de la costa debido a la influencia de la Temperatura Superficial del Mar durante el fenómeno de El Niño, en los periodos de 1996 - 2000 y 2015 - 2019?
- ☐ ¿Cuál fue la variación en la cobertura vegetal de las lomas de la costa como resultado de la influencia de la Temperatura Superficial del Mar durante el fenómeno de El Niño, en los periodos de 1996 - 2000 y 2015 - 2019?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. *Objetivo general*

- ☐ Evaluar durante los periodos 1996 - 2000 y 2015 - 2019, el impacto de la Temperatura Superficial del Mar en las lomas de la costa en el transcurso del fenómeno de El Niño.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- ☐ Determinar la variación temporal del paisaje de las lomas de la costa influenciadas por la Temperatura Superficial del Mar en el transcurso del fenómeno de El Niño, en los periodos de 1996 - 2000 y 2015 - 2019.
- ☐ Analizar la variación en la cobertura vegetal de las lomas de la costa influenciadas por la Temperatura Superficial del Mar durante el fenómeno de El Niño, en los periodos de 1996 - 2000 y 2015 - 2019.

1.4. Importancia y alcance de la investigación

1.4.1. *Importancia*

Durante los últimos ciento veinte años, se han documentado cuatro eventos extraordinarios del fenómeno El Niño (1925, 1983, 1998 y 2017). Estos eventos tuvieron consecuencias negativas para la ciudad de Lima (Castro et al, 2022).

La investigación busca examinar la relación entre la TSM y las lomas costeras. Para ello se realizará una evaluación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y de TSM, siendo este último un factor principal para entender el cambio climático. El aumento progresivo de la TSM a lo largo del tiempo, junto con la disminución de los vientos alisios en el lado Este del Océano Pacífico, genera una fuerte intensidad en las precipitaciones y humedad (Bello et al, 2004), lo que provoca cambios en la vegetación de las lomas de la costa (Córdova et al, 2022).

Las lomas costeras representan un ecosistema fundamental que brinda una amplia gama de beneficios a la ciudad. Entre ellos, destaca la mejora de la calidad del aire. Además, estas colinas sirven como refugio y fuente de alimento para la fauna local. Asimismo, desempeñan un papel vital en la reducción de los gases de efecto invernadero al atrapar la humedad atmosférica, y tienen un impacto significativo en la formación del suelo (EbA Lomas, 2018).

1.4.2. Alcance

El estudio se centrará en las lomas costeras del Perú, evaluando el impacto de la Temperatura Superficial del Mar durante el Fenómeno de El Niño en estas formaciones geográficas. Se examinará cómo varía la cobertura vegetal durante los periodos de 1996 a 2000 y de 2015 a 2019, considerando especialmente los eventos intensos del Fenómeno de El Niño.

La investigación analizará la relación entre la TSM y la cobertura vegetal de las lomas costeras. Esto se debe a que estos factores son fundamentales para comprender el clima en las zonas costeras del norte, centro y sur del país, que experimentan variaciones notables debido a su proximidad al Ecuador.

Para la investigación se han considerado los años 1996 al 2000 y 2015 al 2019. Esta selección se basa en la ocurrencia de dos fenómenos especialmente fuertes y significativos, a saber el año 1998 y el año 2017. Ambos son reconocidos como años de fuerte impacto del fenómeno de El Niño, según lo respaldado por diversos estudios (Woodman, 1985; Quinn et al., 1987; Takahashi, 2004; Douglas et al., 2009; Takahashi y Martínez, 2016). Para un análisis más completo de las condiciones asociadas a este fenómeno y la TSM, se seleccionaron dos años anteriores y dos años posteriores a la ocurrencia del fenómeno de El Niño. Esta estrategia nos permitirá comprender mejor cómo afecta este fenómeno y nos proporcionará información valiosa para prever posibles impactos futuros.

La recopilación de datos proviene de la red de estaciones oceanográficas del litoral peruano (IMARPE), así como de imágenes satelitales obtenidas de los puntos monitoreados por entidades debidamente autorizadas para garantizar la efectividad en la obtención de datos. También se ha incorporado información sobre la temperatura ambiental y la humedad específica para su posterior análisis. Este estudio proporcionará una perspectiva sobre los indicadores del fenómeno de El Niño en la TSM en las lomas de la costa, sentando las bases para investigaciones futuras. Además, facilitará el acceso de la población al conocimiento sobre el impacto de la TSM durante el fenómeno de El Niño en estas áreas. Asimismo, contribuirá a una gestión más eficaz de las lomas costeras en preparación para eventos futuros relacionados con la Temperatura Superficial del Mar en el transcurso del fenómeno de El Niño.

1.5. Limitaciones de la Investigación

- ☐ La obtención de imágenes satelitales de manera mensual se ha visto obstaculizada por la presencia recurrente de nubosidad, especialmente durante la temporada húmeda. Esta condición dificulta el procesamiento de la información necesaria para el análisis requerido.
- ☐ La extracción de datos se ha visto dificultada porque existe una limitada cantidad de estaciones oceanográficas cercanas a las lomas costeras para una evaluación más exhaustiva.
- ☐ Debido a la antigüedad de los años de estudio, la realización de visitas in situ se ha convertido en una limitación significativa para un análisis corroborado en campo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña.

En su investigación realizada por Enríquez et al. (2014) analiza la conexión entre la precipitación histórica y los índices oceánicos y atmosféricos. El objetivo fue caracterizar los eventos climáticos más relevantes, buscando comprender cómo estos factores interactúan para influir en el clima regional. Este estudio proporciona una visión más clara de cómo los cambios en los patrones climáticos locales pueden estar relacionados con fenómenos más amplios en los océanos y la atmósfera, ofreciendo información valiosa para la gestión del riesgo climático y la adaptación al cambio climático en la zona del Valle del Cauca y sus alrededores. El estudio empleó el programa estadístico TSW para facilitar la imputación de datos faltantes en la precipitación. Además, utilizó el Índice de Oscilación del Sur (IOS), que indica las anomalías de presión existentes, y el Índice Oceánico de El Niño (ONI), que señala las anomalías de la TSM en el Océano Pacífico tropical. Estos índices permitieron correlacionar los cambios atmosféricos con los fenómenos oceánicos, proporcionando una comprensión más profunda de la relación entre ambos y su impacto en el clima regional.

Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la Costa Caribe Colombiana.

Según Bernal et al. (2006), en su investigación analizaron el cambio de la TSM en relación con el fenómeno de El Niño a lo largo de la zona costera del Caribe colombiano. Durante este estudio, estimaron las correlaciones entre la TSM y varios índices de variabilidad climática global, como el Índice de Oscilación Sur, el índice multivariado del ENSO y la oscilación del Atlántico Norte. Compararon los ciclos de El Niño, La Niña y condiciones normales, encontrando que durante el fenómeno de El Niño, las aguas del Noreste presentaban anomalías más frías en la TSM.

Registros de la vegetación en la costa peruana en relación con el fenómeno El Niño.

Ferreya (1993), en su investigación realizada se centra en el análisis de las modificaciones en la flora y vegetación de las lomas que se encuentran asociadas a los

eventos del fenómeno de El Niño. Las lomas, influenciadas principalmente por la humedad que proviene de la condensación de la neblina, muestran ciertas características distintivas en su vegetación. En condiciones de precipitación normal, el suelo se cubre con una herbácea cuya altura rara vez supera los 10 cm. Sin embargo, durante períodos de fuertes lluvias asociadas al fenómeno de El Niño, se observa una modificación en la flora y vegetación de las lomas. En estos períodos, se produce un notable crecimiento en la cobertura vegetal, aumentando la altura de la vegetación que la cubre. Este fenómeno ilustra cómo los eventos extremos del clima pueden tener un impacto significativo en la ecología y la estructura de los ecosistemas locales.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Influencia del clima en el ecosistema de lomas.

En su estudio realizado en 2015, Castillo examinó la Reserva Nacional de Lachay, utilizando datos recopilados desde 1940 hasta 2014. La evaluación se basó en información obtenida de una estación meteorológica instalada dentro de la reserva, centrándose principalmente en la temperatura y la humedad. Estos datos proporcionaron una visión más completa de la situación. Los resultados revelaron que uno de los principales desafíos que enfrentan las lomas es el cambio climático, evidenciado por el aumento progresivo de la temperatura en los últimos años y una mayor frecuencia de fenómenos ambientales. Además, se destacó la insuficiencia de la información meteorológica actualmente disponible. Se señaló que un incremento de al menos 2°C en la temperatura podría generar condiciones más propicias para futuros fenómenos. Este hallazgo subraya la importancia de comprender y abordar los impactos del cambio climático en los ecosistemas como la Reserva Nacional de Lachay.

Respuesta fenológica de la vegetación arbórea de las lomas del sur del Perú (Mejía -Arequipa) EN relación con el evento «El Niño 1997-98»

En su investigación, Talavera et al. (1999) exploraron la relación de indicadores biológicos para la detección del fenómeno de El Niño. Utilizando una metodología de evaluación in situ, se tomaron en consideración 10 especies vegetales, incluyendo *Caesalpinia spinosa*, *Duranta armata*, *Citharexylum flexuosum* y *Carica candicans*. Se recopilaban datos desde 1995 hasta 1998, observando los estadios de desarrollo de las plantas. Además, se evaluaron las condiciones meteorológicas utilizando un Data Logger para medir

la precipitación, dirección y velocidad del viento, y se registró la temperatura con un termómetro digital. Las mediciones se llevaron a cabo utilizando la Estación Meteorológica Campbell a partir de 1997. Los resultados destacan una homogeneidad en la temperatura y una tendencia al aumento de las precipitaciones a medida que avanzaba el fenómeno de El Niño de 1997-98. Los resultados revelan que las respuestas fenológicas presentan una notable variabilidad. Por ejemplo, *Caesalpinia spinosa* comenzó a florecer antes del brote en 1995 y 1996, mucho antes en 1997 pero solo por un corto período, y de manera tardía y breve en 1998. En contraste, la cobertura foliar de *Duranta armata* y *Citharexylum flexuosum* se mantuvo constante; la floración ocurrió después del brote en ambos casos. Sin embargo, durante el evento de 1998, ninguna de las dos especies floreció.

Fenómeno El niño y su relación con la variabilidad climática en la provincia de Cusco, periodo 1964-2014.

En su estudio realizado en 2017, Accostupa investigó la relación entre el fenómeno de El Niño y la variabilidad climática en la región del Cuzco. Los datos utilizados fueron extraídos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Se llevó a cabo una evaluación mensual de la temperatura y la precipitación. La metodología aplicada incluyó un análisis de regresión y correlación. Los resultados revelaron una relación significativa y negativa entre el Índice Costero El Niño y la precipitación, con un nivel de confianza del 95%. Además, se encontró que el grado de correlación entre el Índice Costero El Niño y la precipitación fue del 59,35%. Se observó que las temperaturas medias y máximas fueron superiores en condiciones neutras, es decir, sin la presencia del fenómeno de El Niño. Este estudio proporciona una comprensión más profunda de cómo el fenómeno de El Niño afecta la variabilidad climática en la región del Cuzco.

Olas de calor en la Región Norte del Perú y su correlación con eventos ENSO (1979-2018)

En el estudio llevado a cabo por Paredes en el año 2023, se investigó la relación entre los eventos de olas de calor y la ocurrencia del fenómeno de El Niño en la región norte del Perú, específicamente en Tumbes, Piura y Lambayeque. Se desarrolló un modelo de predicción para establecer los umbrales de temperatura en cada estación meteorológica con el fin de identificar los eventos de olas de calor.

Los resultados revelaron que la formación de estas olas de calor se correlaciona con una circulación atmosférica anómala desde el oeste hacia la región tropical, lo que permite

que el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) penetre en el continente y capture la humedad proveniente de la alta evaporación causada por el calentamiento de la TSM. Esta acumulación de energía térmica se libera durante las tardes, aumentando la temperatura y generando olas de calor en el sur, desde Tacna hasta los 5° S, entre 80.5° W y 79.5° W, abarcando la costa de Lambayeque y Piura. En Tumbes, se observó principalmente un aumento en la TSM.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Lomas Costeras*

Durante la temporada invernal, la Corriente Peruana desempeña un papel crucial al contribuir a la formación de un extenso manto de neblina, que típicamente se observa entre los meses de junio y septiembre (Ferreira y Brack, 1986). La presencia de este manto de neblina sobre las colinas y con pendientes pronunciadas desencadena la creación de zonas húmedas que dan lugar a formaciones vegetales conocidas como lomas (Rundel et al., 1991). En la actualidad, en Perú, las comunidades vegetales conocidas como lomas se distribuyen a lo largo de una superficie de aproximadamente 2000 km² (Mostacero et al., 1996), desde el departamento de Tacna hasta La Libertad (PUCP, 2020).

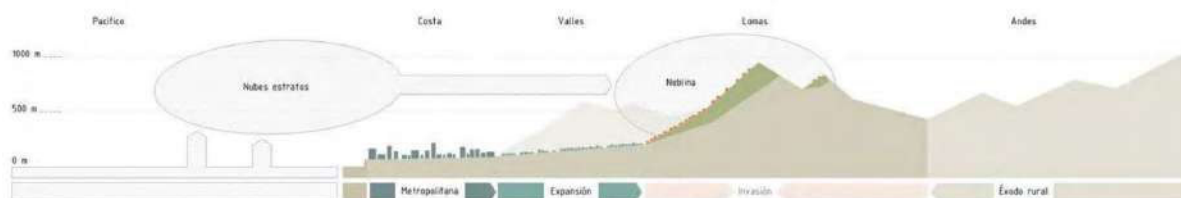
La dinámica vegetal y la captación de neblinas están estrechamente relacionadas, lo que indica que las comunidades de las lomas se desarrollan principalmente bajo la influencia de las neblinas invernales (Canziani y Mujica, 1997). Estas lomas son unidades fitogeográficas periódicas que suelen albergar una notable diversidad de géneros y especies endémicas. Esta riqueza se atribuye tanto al aislamiento geográfico como a las características propias del entorno, como la escasez de precipitaciones entre julio y octubre en la Sierra. Esta singularidad proporciona un contexto propicio para evaluar el potencial de conservación de especies valiosas para la agricultura y la horticultura. La vegetación presente en estas áreas posee un potencial significativo para la recuperación de suelos erosionados y la captura de carbono atmosférico. Estas funciones son de suma importancia en el marco de los servicios ecosistémicos, resaltando la contribución fundamental de las lomas costeras a la conservación de la biodiversidad y al mantenimiento de procesos ecológicos cruciales (SERNANP, 2019).

Según la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, se reconocen ecosistemas específicos, como las lomas, y algunas de ellas forman parte de los ecosistemas frágiles según la clasificación a nivel nacional. En total se han identificado 67 lomas a lo largo de la Costa Peruana, abarcando una extensión de 783 mil hectáreas e incluyendo los fondos de valle y las

llanuras bajas costeras. La distribución de estas lomas en la costa varía, siendo 9 en la costa norte, 23 en la costa centro y 35 en la costa sur (Quispe y Solórzano, 2021).

Figura 1.

Formación de la vegetación del ecosistema de Lomas.



Fuente. La información fue adaptada del documento "Valoración de los servicios ecosistémicos de lomas costeras en los criterios de diseño del espacio público en zonas de amortiguamiento. Lomas El Paraíso, Villa María del Triunfo Avendaño" (2020).

Los cambios climáticos a lo largo del año ejercen un impacto significativo en las lomas costeras, especialmente durante el evento del fenómeno de El Niño como en la Figura 1. Durante este fenómeno, se producen lluvias torrenciales momentáneas acompañadas de temperaturas moderadamente altas. Esta combinación de factores climáticos genera una humedad favorable que estimula una germinación prodigiosa y eventos de floración a gran escala en la vegetación de las lomas, como resultado de la dispersión de semillas (SERNANP, 2019).

2.2.1.1. Características de las Lomas Costeras

La vegetación se desarrolla principalmente en las laderas orientadas hacia el mar, lo que facilita la captación de neblinas transportadas por los vientos del sur y suroeste. Estas lomas suelen tener una altitud máxima de 1 000 metros sobre el nivel del mar, aunque pueden haber variaciones a nivel local. Por encima de esta altitud, el fenómeno inversión térmica limita los efectos significativos de la neblina. Durante la estación invernal, la humedad relativa supera el 80%, alcanzando a veces el 100%, lo que ocasiona garúas, con una precipitación anual de entre 40 y 100 mm. Como resultado, la humedad en las lomas es mayor que en el desierto circundante (Brack y Mendiola, 2000).

2.2.1.2. Relación entre las Lomas costeras y el Fenómeno de El Niño

El proceso comienza en el mar, donde las aguas frías son impulsadas por la Corriente Peruana o de Humboldt, que fluye de sur a norte y transporta aguas subantárticas y subtropicales. Estas aguas frías emergen a la superficie mediante el proceso de afloramiento, donde se calientan debido a la exposición solar, generando así la condensación en forma de nubes bajas, pertenecientes a la familia de los estratos. Estas nubes, comúnmente conocidas como niebla y neblina, actúan como un velo que cubre Lima durante la temporada de invierno, dando lugar al fenómeno de inversión térmica. Este fenómeno es responsable de las temperaturas más bajas registradas en la ciudad, a pesar de su ubicación en una región tropical. (Cardó y Humphrey, 2018).

Las nubes, impulsadas por los vientos alisios, se desplazan hacia la dirección Este (E), pero su trayectoria es interceptada por la cordillera de los Andes hasta alcanzar una altitud aproximada de 1,000 metros sobre el nivel del mar, que marca el límite altitudinal para estas nubes estratos. Esta intercepción conduce a la formación de finas gotas de agua, conocidas como garúas. Al entrar en contacto con el suelo de los piedemontes andinos, rico en minerales y con un banco de semillas latentes, estas gotas activan la germinación de millones de plántulas, dando lugar al desarrollo del ecosistema de las lomas. Es importante destacar que la humedad relativa en las lomas, es decir, la cantidad de agua presente en el aire, puede alcanzar el 100% (Kato, 2018).

2.2.1.3. Identificación de las Lomas Costeras

a) Cobertura vegetal. La cobertura vegetal de las lomas muestra un desarrollo mínimo durante los años secos, con hierbas que no superan los 10 cm de altura (Ferreira, 1993). Esta cobertura está estrechamente relacionada con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), el cual se basa en la reflectividad. A medida que la vegetación se desarrolla en el suelo, se observa una disminución en la reflectividad en la región del espectro rojo y un aumento en la región del infrarrojo cercano. Por esta razón, el NDVI se utiliza como indicador para evaluar la cantidad de vegetación presente en el área de estudio (Díaz, 2015).

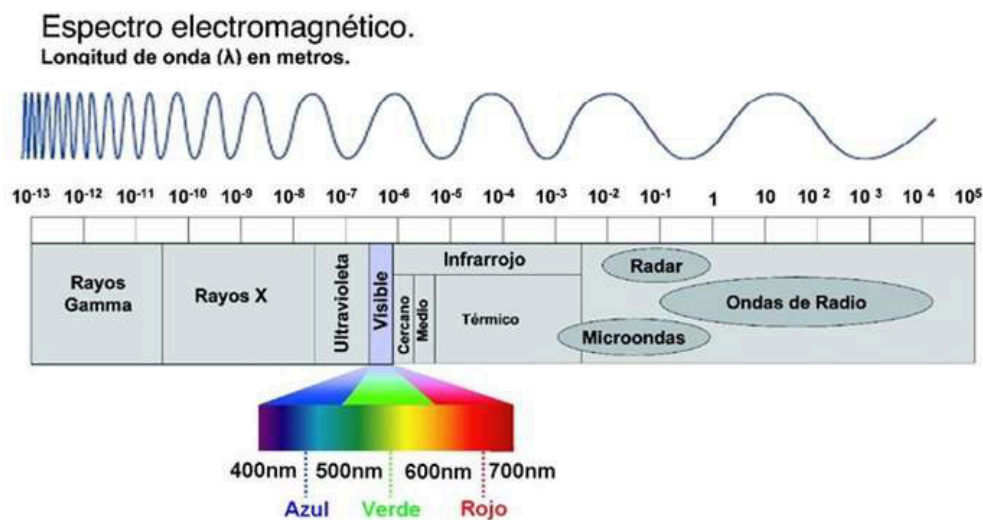
b) Fundamentos de percepción remota. Según Sánchez y Toral (2014), la teledetección es una técnica para obtener información de la superficie terrestre desde una perspectiva externa, a través de sensores ubicados en satélites o aeronaves, que captan y miden la

radiación electromagnética reflejada. Estos dispositivos se encuentran situados fuera de la atmósfera terrestre, ya sea en satélites orbitales o en plataformas aerotransportadas.

Radiación electromagnética. "Conceptualmente, se trata del movimiento de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz, las cuales se clasifican según sus frecuencias mostradas en la Figura 2 (Rojas, 2009)."

Figura 2.

Espectro electromagnético.



Fuente. Extraído de Química General, Cedrón, Landa y Robles, 2011.

Pérez (2007) establece que la base para entender a los sensores remotos se halla en la radiación electromagnética, siendo la luz visible (Figura 2), mientras que los rayos gamma, rayos X, microondas, etc. Son diferentes formas de radiación electromagnética.

c) **Imágenes satelitales.** Sánchez y Toral (2014) definen las imágenes satelitales como la captura de la radiación emitida o reflejada por la superficie terrestre a través de un sensor dentro de un satélite como se muestra en la Figura 3. Debido a la calidad de los sensores utilizados, la altitud y las condiciones meteorológicas en el momento de la toma, existe una variedad de imágenes satelitales de diferentes características a lo largo de los años. Actualmente, existen imágenes satelitales que cubren diversas necesidades, aumentando la probabilidad de obtener información para un proyecto en particular.

Figura 3.

Representación del satélite Landsat 8 en el espacio.



Fuente. Extraído de NASA/Goddard Space Flight Center Conceptual Image Lab (2011).

Imágenes Landsat 5TM. El satélite Landsat 5 fue lanzado el 1 de marzo de 1984 y operó hasta noviembre de 2011. Estaba equipado con el sensor TM (Thematic Mapper), que constaba de 7 bandas espectrales: azul, verde, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta, infrarrojo térmico y otra de infrarrojo de onda corta. Todas estas bandas tenían una resolución espacial de 30 metros, excepto la banda 6, que tenía una resolución de 120 metros en infrarrojo térmico y el sensor MSS (Multi Spectral Scan) con 4 bandas espectrales. (Polonio, 2017). Las características mencionadas se encuentran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1.

Características del sensor TM, Landsat 5

Nº de banda	Longitud de Onda	Resolución espacial (m)
1- Blue	0.45-0.52	30
2-Green	0.52-0.60	30
3-Red	0.63-0.69	30
4-NIR	0.76-0.90	30
5-SWIR	1.55-1.75	30
6-TIR	10.41-12.50	120
7-SWIR 2	2.08-2.35	30

Fuente. Imagen de dominio público del USGS.

Tabla 2.*Características del sensor MSS, Landsat 5*

Nº de banda	Longitud de Onda (um)	Resolución espacial (m)
1	0.50-0.60	60
2	0.60-0.70	60
3	0.70-0.80	60
4	0.80-1.10	60

Fuente. Imagen de dominio público del USGS.

Imágenes Landsat 8 TM. El satélite Landsat 8 fue lanzado el 11 de febrero de 2013 y continúa en funcionamiento en la actualidad. Está equipado con el sensor OLI (Operational Land Imager), que consta de 9 bandas espectrales que abarcan desde la reflexión entre violeta y azul oscuro hasta el infrarrojo térmico. Estas bandas tienen una resolución espacial de 30 metros, excepto la banda 8, con una resolución de 15 metros en la banda pancromática y las bandas 10 y 11 correspondientes al infrarrojo térmico (Polonio, 2017). Las características mencionadas se encuentran en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3.*Características del sensor OLI, Landsat 8*

Nº de banda	Longitud de Onda	Resolución espacial (m)
1- Coastal Aerosol	0.43-0.45	30
2- Blue	0.45-0.51	30
3-Green	0.53-0.59	30
4-Red	0.64-0.67	30
5-NIR	0.85-0.88	30
6-SWIR	1.57-1.65	30
7-SWIR 2	2.11-2.29	120
8-Panchromatic	0.50-0.68	15
9-Cirrus	1.36-1.38	30
10-TIR1	10.60-11.19	100
11-TIR 2	11.50-12.51	100

Fuente. Imagen de dominio público del USGS.

Tabla 4.*Características de las bandas del Landsat 8.*

Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

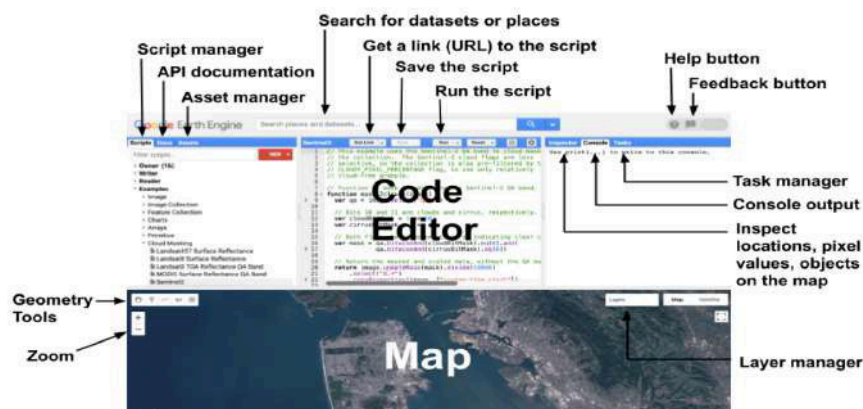
Fuente. Elaborado por B. Markham (2013) publicado en la NASA.

d) Google Earth Engine. Google Earth Engine es una plataforma que permite el análisis de datos terrestres, con catálogos de imágenes satelitales que pueden ser manipuladas mediante lenguajes de programación como Javascript y Python (Jiahao, 2020). Esta plataforma facilita la aplicación de ciencia de datos y análisis de la Tierra, ofreciendo catálogos de datos espaciales. GEE ofrece al público un repositorio de imágenes satelitales en longitudes de onda ópticas y no ópticas, además de pronósticos meteorológicos, climáticos y variables ambientales (Verhoelst et al., 2020).

Google Earth Engine empleando JavaScript. En el contexto de Google Earth Engine (GEE) como se muestra en la Figura 4, el empleo de JavaScript brinda una experiencia interactiva. En esta plataforma, se pueden insertar scripts directamente, permitiendo una interacción inmediata con las API(Jiahao, 2020).

Figura 4.

Diagrama de los componentes del editor de código de GGE.



Fuente. Adaptado de Google Earth Engine (2023).

De acuerdo con Terán, Perpinyá y Traveria (2022), se resalta una herramienta de la última generación que ofrece un extenso catálogo de imágenes y tiene la capacidad de procesar a escala petabyte. Esta herramienta se utiliza para integrar diversos tipos de conjuntos de datos, como el análisis de imágenes de satélites geofísicos, climáticos y meteorológicos, así como datos demográficos. Además, puede cargar tanto archivos vectoriales como ráster. Es importante destacar que este servicio está disponible de forma gratuita para fines no comerciales e investigativos. Para acceder a él, se utiliza una página web que cuenta con un entorno de programación integrado llamado Editor de Código de Earth Engine (<https://code.earthengine.google.com/>), donde los usuarios pueden escribir y ejecutar sus fórmulas y obtener los resultados necesarios.

Google Earth Engine opera con las imágenes de Landsat 5 y Landsat 8 de manera integral, colaborando con la completa gama de satélites de la constelación Landsat. Esto facilita a los usuarios el acceso, la visualización y el análisis de datos geoespaciales (Catálogo de Datos de Google Earth Engine, s.f.).

La colección de imágenes Landsat utilizada por la plataforma Google Earth Engine es la segunda colección. A partir del 31 de diciembre de 2021, reemplazó a la Colección 1, siendo un reprocesamiento destinado a mejorar los productos de Landsat 1-5 MSS, Landsat 4 TM, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS y Landsat 9 OLI-2/TIRS-2 (Catálogo de Datos de Google Earth Engine, s.f.).

Landsat 5. La colección de imágenes Landsat en Google Earth Engine está dividida en tres secciones: Reflectancia terrestre, parte superior de la atmósfera (conocida como Top of Atmosphere o TOA en inglés) y las imágenes en bruto (Catálogo de Datos de Google Earth Engine, s.f.).

La primera sección, como su nombre indica, incluye imágenes con corrección de la reflexión terrestre. Contiene 4 bandas visibles e infrarrojo cercano, así como 2 bandas de infrarrojo de onda corta procesadas a reflectancia superficial ortorrectificada. Estos datos están disponibles desde el 16 de marzo de 1984 hasta el 5 de mayo de 2012, con una resolución de 30 metros. Para acceder a este conjunto de datos de imágenes, se utiliza el siguiente código: “ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C02/T1_L2")” (Catálogo de Datos de Google Earth Engine, s.f.).

Landsat 8. El Catálogo de Datos de Google Earth Engine (s.f.) ofrece información similar a la versión 5, abarcando desde el 18 de marzo de 2013 hasta el 29 de septiembre de 2023. Esta colección incluye 5 bandas visibles e infrarrojas cercanas, así como 2 bandas infrarrojas de onda corta, con una resolución de 30 metros. Para acceder a estas imágenes a través del API, se utilizan los siguientes códigos: "ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")" para imágenes con corrección de la reflectancia terrestre, "ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA")" para imágenes con corrección de la reflectancia a la Atmósfera (TOA), y "ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1")" para las imágenes en bruto.

2.2.2. Temperatura Superficial Del Mar (TSM)

Al influir en los intercambios de energía, momento y humedad entre el océano y la atmósfera, la temperatura media de la superficie del mar juega un papel importante en el sistema climático. Esta temperatura media tiene un impacto significativo en la respuesta de la atmósfera a los mares a largo plazo, tanto en el clima como en el tiempo. Los patrones de la TSM pueden revelar cómo funciona la dinámica oceánica fundamental, lo que proporciona información importante sobre las complejas interacciones entre el océano y la atmósfera (OMM, 2022).

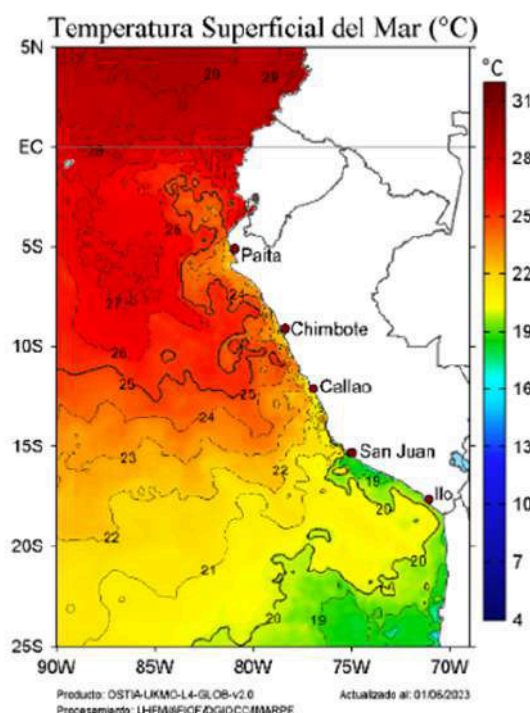
La TSM en las aguas peruanas exhibe una notable variabilidad, como lo señala el IMARPE, en distintas escalas espaciales y temporales. Esta variabilidad genera gradientes zonales y meridionales más pronunciados entre febrero y marzo. Durante este período, al

norte de Pisco (14°S), se observan temperaturas máximas de hasta 26°C más allá de las 150 millas náuticas de la costa. La intensificación de los vientos y la surgencia costera, evidenciada por temperaturas de 19°C a unas 150 millas náuticas al norte de 10°S y a mayores distancias de la costa al sur de esta latitud, resulta en mínimas (entre 13°C y 17°C) durante agosto y septiembre, especialmente al sur, frente a la celda de afloramiento Pisco-San Juan. Dentro de las 50 millas náuticas, la TSM se encuentra en el rango de 13°C a 17°C. El seguimiento continuo de esta variable permite comprender y prever cambios tanto a corto como a largo plazo (IMARPE, 2013).

En los últimos años, se ha registrado un incremento en la TSM como se muestra en la Figura 5, con consecuencias significativas para todos los ecosistemas, particularmente los costeros. Este aumento también ha impactado la temperatura atmosférica, lo que resalta la importancia de la variabilidad de la TSM en la comprensión y el análisis de los cambios climáticos en la superficie terrestre, especialmente en las áreas costeras del Perú. Además, resulta crucial comprender su estrecha relación con las comunidades en riesgo (IMARPE, 2013).

Figura 5.

Temperatura superficial del mar (°C).



Fuente. Adaptado del Instituto del Mar del Perú IMARPE, 2013.

b) Temperatura atmosférica

La temperatura se define como una medida de la energía cinética interna presente en las partículas que componen un cuerpo, ya sean átomos o moléculas. Las escalas más comúnmente utilizadas para expresar la temperatura son Celsius y Fahrenheit, si bien también existe una tercera escala llamada Kelvin o Absoluta, que se emplea en aplicaciones experimentales o físicas. En la actualidad, la escala Celsius es la más ampliamente utilizada tanto en mediciones de atmósfera como de superficie (Horacio, 2022).

c) Nubosidad

La cantidad de cielo cubierto por nubes se conoce como nubosidad. Un núcleo de condensación es el responsable de producir gotas de agua o cristales de nieve que se mantienen en suspensión en la atmósfera y contribuyen a la formación de nubes (Montenegro, 2015).

2.2.2.2. Fenómeno El Niño

El Fenómeno El Niño, o ENSO (por sus siglas en inglés, El Niño Southern Oscillation), se origina a partir de desviaciones inusuales en las condiciones del océano y la atmósfera. Aunque sus consecuencias se manifiestan en diferentes partes del mundo, su influencia principal se evidencia en las zonas costeras del norte de Perú y el sur de Ecuador. El Perú está situado en una región de alta actividad sísmica, y su costa norte experimenta con regularidad fenómenos oceánicos y atmosféricos anómalos, los cuales tienen consecuencias significativas y a menudo severas tanto en el entorno natural como en la sociedad (Huertas, 1993).

La comprensión de las condiciones atmosféricas globales implica, en gran medida, el estudio de los océanos. Estos dos componentes constituyen un sistema interdependiente que intercambia energía mecánica y termodinámica. Cuando la TSM supera la de la atmósfera, aproximadamente la mitad de la energía se transfiere en forma de vapor de agua, lo que influye en las variaciones climáticas anuales y se refleja en las alteraciones observadas en la temperatura superficial del mar (Hijar et al., 2016).

1. El desmantelamiento del esquema de condiciones normales de ENSO es el resultado del fenómeno de "El Niño". La corriente de Humboldt o Peruana es desplazada hacia el este por la corriente de El Niño, lo que significa que los vientos alisios y el afloramiento marino disminuyen. Según Voituriez (2003), el sistema se invierte al

trasladar la región de convección y, por lo tanto, las lluvias, mientras que se dejan zonas de sequía.

2. El término "El Niño" se deriva de la observación de los pescadores en el sur de Ecuador y el norte de Perú, quienes notaron un aumento en la temperatura del agua fluyendo hacia el sur a fines de diciembre (Zambrano, 1996). No obstante, a nivel global, este fenómeno se conoce como la "Oscilación del Sur El Niño" (ENSO). Este fenómeno abarca distintas fases, incluyendo La Niña, El Niño y condiciones normales o neutrales (Marcos, 1996; Rasmusson y Carpenter, 1982).

2.2.2.3. Zonas

En las áreas, existe la franja tropical del pacífico. Tres de las cuatro se encuentran en la parte occidental, como la región Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4 (ver Tabla 5), mientras que la región El Niño 1+2 se encuentra en la parte oriental visualizada en la Figura 6 (Paredes, 2023).

Tabla 5.

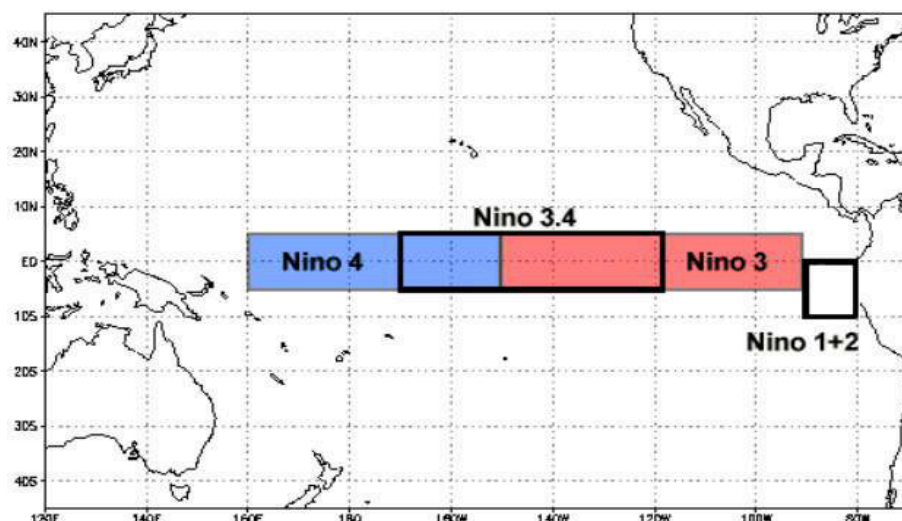
Zonas de monitoreo del ENSO sobre el Pacífico ecuatorial.

Región Niño	Latitud	Longitud
Región Niño 1+2	0° a 10° S	90° W a 80° W
Región Niño 3		150° W a 90° W
Región Niño 3.4	5° N a 5° S	170° W a 120° W
Región niño 4		160° E a 150° W

Fuente. Obtenido de <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/sst>, 2022 (Paredes, 2023)

Figura 6.

Áreas de las regiones “El Niño” usadas para el monitoreo y evaluación del ENSO.



Fuente. Obtenido de <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/sst>, 2022 (Paredes, 2023)

Ciclo El Niño Oscilación del Sur (ENSO). Como resultado de este patrón climático recurrente, los cambios en la temperatura de las aguas en el Pacífico tropical central y oriental pueden ser la causa de las variaciones actuales. Las aguas superficiales de una gran parte del Océano Pacífico tropical se calientan o enfrían entre 1 y 3 °C en comparación con las temperaturas normales y esto ocurre durante tres a siete años (Accostupa, 2017).

El ciclo ENSO completo dura entre tres y siete años, mientras que la fase cálida del Niño generalmente dura entre ocho y diez meses (Accostupa, 2017).

Tipos de intensidad del fenómeno de El Niño. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2000), frente a la ocurrencia del fenómeno fuerte registrado en 1997-1998, se han identificado tres niveles de intensidad en la historia del fenómeno de El Niño: leve, moderada y grave. Esta clasificación refleja cómo se manifiestan sus rasgos climáticos, como inundaciones, lluvias y huaycos, que generan perjuicios significativos y afectan la vida de la población. La intensidad mínima conlleva, en promedio, un incremento del 10% al 20% en comparación con las características climáticas normales. La intensidad intermedia se refiere a un aumento entre el 20% y el 50% de las características habitualmente observadas, mientras que la intensidad severa implica un aumento mayor al 50% en precipitaciones, heladas, friajes, sequías y cambios de temperatura, dependiendo de la región afectada.

2.3. Definición de términos

- **Javascript:** Es un lenguaje de codificación utilizado para generar dinamismo en sitios web.
- **Termoclina:** Se refiere a una capa de agua en la que la temperatura desciende abruptamente con la profundidad.
- **Hidracina:** Es un líquido aceitoso que produce vapores y no tiene color, con un olor similar al del amoníaco.
- **Ictiológica:** Rama de la zoología dedicada al estudio de peces.
- **Fitogeográficas:** La ciencia que se encarga de investigar la distribución geográfica de las plantas.
- **Higroscópicas:** Se refiere a sustancias químicas que tienen una alta afinidad por el agua, absorbiéndola del ambiente y reteniéndola.
- **Piedemontes:** Se utiliza para describir cualquier área o entorno que esté ubicado directamente en la base o en las faldas de una montaña o cordillera.
- **Plántulas:** Se refiere a la fase inicial del desarrollo de una planta, que abarca desde la germinación de la semilla hasta el crecimiento de las primeras hojas verdaderas.
- **Correlación:** Es una medida estadística que indica el grado de relación lineal entre dos variables.
- **Regresión lineal múltiple:** La regresión lineal múltiple es una extensión de la regresión lineal simple, permitiendo modelar y entender cómo varias variables independientes se relacionan con una variable dependiente, controlando así el efecto de cada variable independiente sobre la respuesta.

CAPÍTULO III

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Las Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis General*

Durante el fenómeno de El Niño, se observa un incremento en la vegetación de las lomas de la costa debido a las variaciones en la Temperatura Superficial del Mar, específicamente durante los intervalos de tiempo entre 1996 - 2000, así como entre 2015 - 2019, cada una con sus características particulares.

3.1.2. *Hipótesis Específicas*

- ☐ La variación temporal del paisaje de las lomas costeras en el transcurso del evento de el fenómeno de El Niño es destacable en algunas lomas debido al impacto de la Temperatura Superficial del Mar durante los periodos comprendidos entre 1996 - 2000, así como entre 2015 - 2019.
- ☐ Durante el fenómeno de El Niño, la vegetación aumenta debido a la influencia de la Temperatura Superficial del Mar, según las características específicas de la elevación costera, entre 1996 - 2000, así como entre 2015 - 2019.

3.2. Las Variables

3.2.1. *Variables Dependientes*

3.2.1.1. *Lomas costeras*

La mayoría de las elevaciones costeras son catalogadas como ecosistemas delicados y desempeñan un papel fundamental en el medio ambiente. Estos sistemas se ven impactados por cambios climáticos y eventos como el fenómeno de El Niño, lo que provoca alteraciones en la vegetación preexistente y en su elevación.

3.2.2. *Variables Independientes*

3.2.2.1. *Temperatura Superficial del Mar*

El fenómeno de El Niño se caracteriza por el aumento de las temperaturas en los primeros metros del océano, lo cual constituye el principal indicador. Esto conlleva a cambios

en los patrones climáticos de la costa peruana debido al incremento en la Temperatura Superficial del Mar.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 6.

Variables

Variables		Definición	Dimensiones	Indicadores
Independiente	Temperatura Superficial del Mar	La Temperatura Superficial del Mar exhibe una variabilidad significativa en diversas escalas espaciales y temporales, lo que genera gradientes tanto zonales como meridionales (IMARPE, 2013).	Clima Marítimo	Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C)
Dependiente	Lomas costeras	Las elevaciones costeras, como parte integral del ecosistema, están estrechamente vinculadas al ciclo del agua y experimentan impactos derivados del cambio climático (León, 2022).	Parámetros físicos	Área de cobertura vegetal (NDVI) (Ha) Altura promedio sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

Fuente. IMARPE (2013) y León (2022).

CAPÍTULO IV

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo y diseño

Diseño de investigación en la presente tesis tiene el tipo de nivel explicativo y básico debido a que busca ampliar y profundizar el conocimiento de la influencia de la Temperatura Superficial del Mar en las lomas costeras. Asimismo, la tesis es de diseño no experimental y de forma longitudinal de tendencia, porque los hechos son evaluados a través del tiempo, debido a que se analizará antes y después de los eventos de fenómenos de El Niño (1998 y 2017). Además, el enfoque es cuantitativo porque se obtendrán datos numéricos que serán interpretados.

4.2. Unidad de Análisis

La unidad de análisis son todas las lomas costeras del Perú.

4.3. Población

La población de interés para esta investigación está constituida por todas las lomas costeras peruanas.

4.4. Muestra

La muestra de este estudio está conformada por las lomas de Ochiputur, Villa María y Tacahuay.

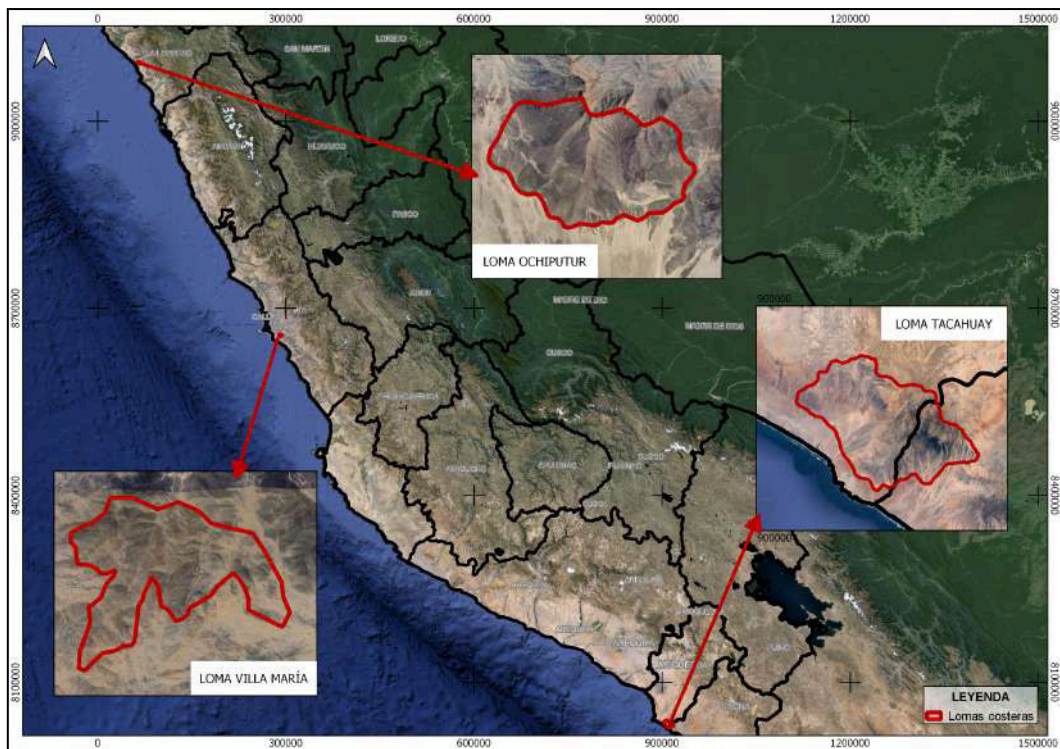
4.5. Área de estudio

El área de investigación abarca tres elevaciones costeras: Ochiputur, Villa María y Tacahuay como se muestra en la Figura 7. Estas se distribuyen en el extremo norte, centro y sur del litoral, respectivamente, como se visualiza en la Figura 8.

Ochiputur está ubicado en el distrito de Salaverry, en la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. De manera similar, Villa María la cual se encuentra en el distrito de Villa María del Triunfo, en la provincia y departamento de Lima. Finalmente, Tacahuay se sitúa en el distrito de Ite-Ilo, perteneciente a la provincia de Jorge Basadre-Ilo, en los departamentos de Tacna y Moquegua.

Figura 7.

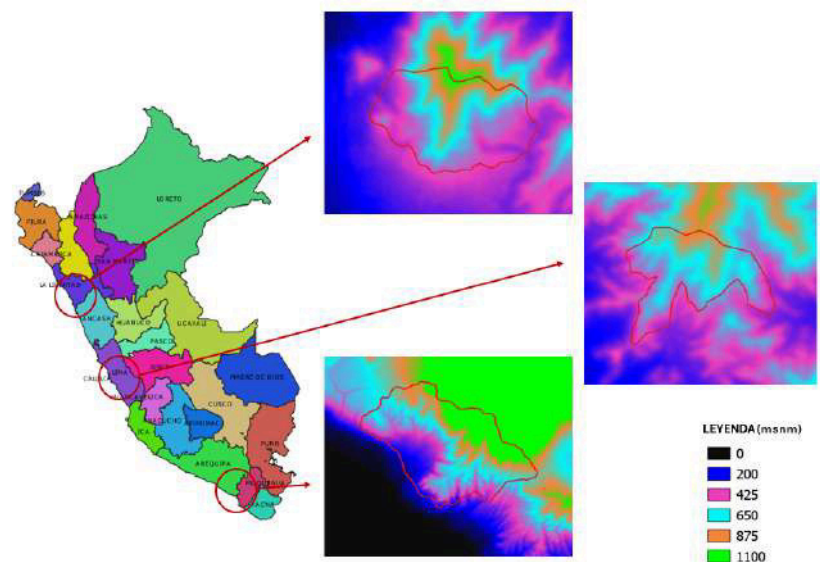
Mapa de ubicación de las lomas de estudio



Fuente. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP).

Figura 8.

Mapa de altitudes de las lomas de estudio.



Fuente. Mapa de altitudes los rangos varían entre 200 msnm y 1100 msnm. Adaptado del Ministerio del Ambiente (MINAM).

https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

4.5.1. Loma Ochiputur

4.5.1.1. Ubicación geográfica

La loma Ochiputur se localiza en el distrito de Salaverry, perteneciente a la provincia de Trujillo, en el departamento de La Libertad. Esta área cubre una extensión de 883.75 hectáreas y tiene un perímetro de 12,467.26 metros (SERFOR, 2016). Sus coordenadas son 8°11'10"S y 78°57'43.26"W (Corcuera, 2017), y su altitud varía entre 400 y 1000 metros sobre el nivel del mar.

4.5.1.2. Aspectos físicos

La loma Ochiputur se distingue por su cresta frondosa y sus diversas zonas, que incluyen áreas de cactáceas, vegetación herbácea, y laderas arenosas y rocosas. Además, cuenta con una expansión urbana de magnitud media y una extensión puntual.

Esta loma comprende dos pisos ecológicos: el inferior y el superior. Se asienta sobre una base arenosa y ondulada, con dunas en la zona expuesta al viento. El piso ecológico inferior se caracteriza por su superficie principalmente arenosa y con pocas rocas, cubierta por vegetación xerofítica (SERFOR, 2016).

a) Geología

La geología de la loma Ochiputur se compone de plutones del Cretáceo y Paleógeno (KP-tn, gd, di) y depósitos continentales del Holoceno Cuaternario (Qh-c). Este afloramiento rocoso presenta rocas intrusivas del batolito de la costa, abarcando desde el Jurásico hasta el Cuaternario. En la zona predominan las granodioritas, que varían en color desde gris oscuro hasta gris claro.

Las unidades litoestratigráficas de la loma Ochiputur incluyen granodiorita (KsP-gd), que cubre 657.456 hectáreas, y depósitos eólicos (Q-eo), caracterizados por arenas cuarzosas que forman dunas y extensas pampas, con una extensión de 226.294 hectáreas (Cossio y Jaén, 1967).

b) Fisiografía y/o geomorfología

La geomorfología de las lomas Ochiputur está caracterizada por montañas formadas en roca intrusiva (RM-ri) y mantos de arena. Durante el invierno en la costa peruana, se forma un manto de neblina que se condensa y precipita gradualmente en forma de garúa. Esta

humedad influye en el suelo y fomenta el crecimiento de la vegetación efímera característica de las lomas, creando las condiciones perfectas para la aparición periódica de comunidades naturales, principalmente compuestas por plantas herbáceas. Este fenómeno resulta en un tapiz policromo que se extiende visualmente desde las costas de Trujillo hasta Tacna (Corcuera, 2017).

c) Suelos

Dentro de la extensión de la loma Ochiputur, se encuentran los siguientes grupos edáficos principales: Fluvisol Eútrico - Regosol Eútrico y Leptosol lítico - Afloramiento lítico.

- ☐ Fluvisol Eútrico: Estos suelos, clasificados como perfil (A) C o C, se forman a partir de depósitos aluviales del Cuaternario. Son el resultado de flujos intermitentes de arroyos o cauces secos que bordean la parte alta del valle y algunas áreas de las llanuras adyacentes. El horizonte (A) es delgado y de color claro (ócrico), y descansa sobre una capa estratificada con diversas texturas y espesores, predominando los materiales gruesos como grava, guijarros y rocas. Estos suelos presentan una morfología esquelética o fragmentada (Guerrero, 2019).
- ☐ Regosol Eútrico: También clasificados como perfil (A) C o C, estos suelos están compuestos por materiales arenosos sin horizontes distintivos. Presentan un horizonte C pálido (ócrico), con una reacción que varía de ligeramente alcalina a fuertemente alcalina (pH 7.6-9.0), y ocasionalmente muestran características salinas. Se originan principalmente de procesos eólicos y exhiben una morfología mayormente arenosa, a veces con presencia de grava. Estos suelos son sueltos, profundos y muestran una topografía que varía desde plana hasta ligeramente ondulada, con áreas más pronunciadamente onduladas y disectadas, y están dispersos en las llanuras cercanas a los valles y en las laderas de algunos cerros (Guerrero, 2019).
- ☐ Leptosol lítico - Afloramiento lítico: Este tipo de suelo se caracteriza por su desarrollo extremadamente superficial, originado directamente a partir de rocas duras, coherentes y consolidadas. Su composición litológica incluye cuarcitas, lutitas, areniscas, rocas volcánicas y calizas. Según la FAO (2008), estos suelos contienen varios tipos de rocas en forma continua, con aproximadamente un 20% en volumen de tierra fina. El término "lítico" se refiere a la presencia continua de roca, comenzando desde los primeros 10 cm de la superficie terrestre (Nima, 2020).

d) *Clima*

La zona costera del Perú alberga un extenso desierto subtropical, caracterizado por su extrema aridez que se extiende a lo largo de la costa peruana. Este desierto abarca llanuras y áreas bajas de los valles costeros, desde el nivel del mar hasta los 1,800 metros de altura, cubriendo una superficie de 33,760 kilómetros cuadrados. Con temperaturas ambientales que varían entre 17°C y 23°C y una notable escasez de lluvias, el relieve de la región oscila entre terrenos planos y ligeramente ondulados hasta áreas abruptas. Dentro de este entorno, se encuentran formaciones ecológicas excepcionales conocidas como lomas, que actúan como "islas" vegetales en medio de vastas extensiones desérticas. Estas lomas, exclusivas de la costa peruana y el norte de Chile, se forman cuando las neblinas costeras, impulsadas por la Corriente Peruana durante los meses de invierno y primavera, alcanzan las primeras estribaciones de los Andes. Estas neblinas se condensan y precipitan lentamente en forma de pequeñas gotas llamadas "garúa" debido a la influencia de la temperatura y otros factores (MINAM, 2019).

La loma Ochiputur se ubica en el distrito de Salaverry y experimenta una temporada templada que dura aproximadamente 2.6 meses, desde el 17 de enero hasta el 4 de abril, durante el verano, con temperaturas ambientales máximas de 25°C en febrero y mínimas de 21°C. En contraste, la temporada fresca abarca cuatro meses, durante otoño, invierno y primavera, con una temperatura máxima promedio de 21°C y una mínima de 17°C (Weather Spark, s.f.). Debido a su exposición al Océano Pacífico, las lomas de Ochiputur reciben la influencia directa de la brisa marina en la temporada invernal en la Figura 9. (Corcuera, 2017).

Figura 9.

Distancia del mar y la loma Ochiputur.



Fuente. Google Earth.

Nota. La distancia entre la loma y el mar es de 6.72 km.

e) Hidrografía e hidrología

La región se encuentra en el límite noreste de la Intercuenca 137715, que abarca territorios de las provincias de Trujillo y Virú con una extensión de 430.2 km². Como intercuenca, la hidrografía de la Loma de Ochiputur actúa como una unidad de drenaje de tránsito para un río principal (ANA, s.f.).

4.5.1.3. Aspectos biológicos

La Loma de Ochiputur es una de las siete lomas en la región de La Libertad y se destaca como parte del área propuesta para ser designada como geoparque nacional por su importancia geológica y paisajística. En 2018, este hábitat fue incluido en la "Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles" por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), dependiente del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), mediante la Resolución Ministerial N° 153-2018-MINAGRI-SERFORDE (Bocanegra y Luna, 2022).

a) Zonas de vida

La región bioclimática es Perarido – Premontano Tropical (dp-PT), típica de los desiertos de La Libertad. Los hábitats en este ecosistema incluyen cresta rocosa, área de cactus, loma herbácea, fondo de quebrada, y ladera rocosa y arenosa, según la "Descripción detallada del Mapa Nacional de Ecosistemas" (Rabanal y Sandoval, 2021). Las Lomas de Ochiputur están clasificadas como desierto árido premontano tropical, con una temperatura anual promedio entre 23°C y 24.3°C y una precipitación anual de 50 a 100 mm, excepto durante eventos del fenómeno de El Niño (Guerrero et al., 2019, p. 14).

b) Flora y Fauna

La Loma de Ochiputur se clasifica según Ferreryra y Brack (1986) en varios tipos de lomas:

Loma de matorral y hierbas. Caracterizada por vegetación perenne que crece en áreas con precipitaciones abundantes, donde se encuentran matorrales verdes. Variantes incluyen matorrales de hojas deciduas y lomas arenosas con plantas higrofitas y flores como *Stenomesson coccineum* en épocas secas, y *Nolana humifusa*, *Stellaria* sp., y *Drymaria weberbaueri* en épocas húmedas. Las lomas rocosas también presentan plantas hidrófilas, como la flor de amancaes, representada por *Hymenocallis amancaes* (Castañeda, 2018, p. 22).

Loma de suculentas. Subclasificada en la "Loma de Calandrinia", ubicada en los bordes de lomas arenosas con plantas hidrófilas, incluyendo suculentas como Calandrinia sp. (Portulacaceae) y Oxalis sp. (Oxalidaceae). También incluye la "Loma de Islaya", con franjas de 1 a 2 km de ancho dominadas por cactáceas del género Islaya (Castañeda, 2018, p. 22).

Loma de plantas xerofíticas y semixerofíticas. Destacada por la "Loma de paredes rocosas con bromeliáceas", que presenta paredes rocosas cubiertas con bromeliáceas de los géneros Pitcairnia y Tillandsia, formando huecos redondeados que sirven de refugio para aves. Otros tipos incluyen la "Loma de musgos" en áreas bajas y altas, "Lomas de líquenes sobre rocas y piedras", y "Loma de algas sobre suelo duro" con extensas áreas de algas azules que dan al desierto un color negro (Castañeda, 2018, p. 22).

En términos de biodiversidad, se han identificado trece familias, veintisiete géneros y treinta y dos especies de flora (ver Tabla 7). Los vertebrados incluyen 3 clases (reptiles, aves y mamíferos), 10 familias y 11 especies (Concuera, 2017). En la Tabla 8, se muestra el resumen de esta información.

Tabla 7.

Descripción de la flora en las Lomas de Ochiputur.

CLASE	FAMILIA	ESPECIE
Monocotyledoneae	· Amaryllidaceae	- <i>Hymenocallis amancaes</i> Stenomesson <i>flavum</i>
	· Asparagaceae	- <i>Furcraea occidentalis</i>
Liliopsida	- Bromeliaceae	- <i>Puya ferruginea</i> Tillandsia (<i>T. latifolia</i> y <i>T. purpurea</i> , principalmente)
	- Poaceae	- <i>Polypogon interruptus</i> Kunth
	- Cactaceae	- <i>Haageocereus pacalaensis</i> Backeb
Eudicotyledoneae	- Fabaceae	- <i>Melocactus peruvianus</i> Vaupel
	- Solanaceae	
	- Capparaceae	- <i>Capparis scabrida</i>
Magnoliopsida	- Celastraceae	- <i>Maytenus octogona</i> (L'Hér.) DC.
	- Cucurbitaceae	- <i>Sicyos</i> sp.

Fuente. Información categorizada por clase, familia y especie de la vegetación en las Lomas de Ochiputur, extraída del artículo "La loma de Ochiputur: explorando su biodiversidad" de Corcuera (2017).

Tabla 8.

Descripción de aves y reptiles de las Lomas de Ochiputur.

<i>CLASE</i>	<i>FAMILIA</i>	<i>ESPECIE</i>
<i>Mammalia</i>	- <i>Chinchilidae</i>	- <i>Lagidium peruanum</i>
	- <i>Felidae</i>	- <i>Leopardus colocolo</i>
	- <i>Canidae</i>	- <i>Lycalopes sechurae</i>
	- <i>Muridae</i>	- <i>Rattus norwegicus</i>
	- <i>Furnariidae</i>	- <i>Geositta maritimia</i>
	- <i>Thinocoridae</i>	- <i>Pseudasthenes cactorum</i>
	- <i>Accipitridae</i>	- <i>Thinocorus rumicivorus</i>
	- <i>Trochilidae</i>	- <i>Geranoaets melanollecucus</i>
	- <i>Burhinidae</i>	- <i>Rodophis vesper</i>
<i>Reptiles</i>		- <i>Burhinus superciliaris</i>
	- <i>Tropiduridae</i>	- <i>Microlophus Keopckoerum</i>

Fuente. Información categorizada por clase, familia y especie de la fauna en las Lomas de Ochiputur, obtenida del artículo "La loma de Ochiputur: explorando su biodiversidad" de Corcuera (2017).

La prolongada temporada árida en la costa norte de Perú ha disminuido la actividad de las comunidades locales, lo que ha resultado en una escasa investigación en la zona. Sin embargo, el fenómeno conocido como "Niño Costero" durante las lluvias de 2017 revitalizó la Loma de Ochiputur. Este evento permitió la identificación de nuevas especies y un aumento en la diversidad biológica.

En la Loma de Ochiputur, Solanaceae es una de las 15 familias de plantas recién descubiertas, con nueve especies registradas, representan el 26% del total de plantas. Los cactus, con siete especies registradas, ocupan el segundo lugar con el 21% de las plantas observadas. Las aves son las más representadas entre los vertebrados con cinco familias y seis especies, seguidas por la clase Reptilia con una familia y una especie. También se observaron invertebrados como orugas, polillas, mariposas, moscas, hormigas, escorpiones, arañas y mosquitos (SERFOR, 2016).

4.5.1.4. Aspectos socioeconómicos

Para evaluar los aspectos socioeconómicos, se consideraron los centros poblados en un radio de 3 km desde las lomas, incluyendo el poblado de Fortuna y Alto Salaverry, en el distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

Según información proporcionada por la Municipalidad Distrital de Salaverry (2021), las actividades económicas predominantes en la población del Distrito de Alto Salaverry se diversifican en varios sectores. En el ámbito primario, sobresalen la pesca y la agricultura. Respecto al sector secundario, la industria se caracteriza mayormente por su enfoque artesanal. Finalmente, en el sector terciario, la actividad comercial se centra en la comercialización de productos personales.

4.5.2. Loma Villa María

4.5.2.1. Ubicación geográfica

Las lomas de Villa María están situadas en el distrito de Villa María del Triunfo, provincia de Lima, en el departamento de Lima. Cubre un área de 622 hectáreas con un perímetro de 26,498.429 metros. Dentro de esta área se incluyen las lomas de Pamplona en San Juan de Miraflores, José Carlos Mariátegui, Lomas del Edén del Manantial, Paraíso y Virgen del Lourdes, todas en Villa María del Triunfo. Las coordenadas UTM del centroide son N8657580 m y E290876 m, con altitudes entre 400 y 1000 m.s.n.m. (SERFOR, 2023; Trinidad et al., 2012).

4.5.2.2. Aspectos físicos

En la región de las Lomas de Villa María, el clima invernal se caracteriza por la presencia de nubes estratiformes, siendo más comunes durante las mañanas, con la predominancia de estratos y estratocúmulos. Sin embargo, hacia el mediodía, suele despejarse debido a la brisa que sopla en la zona.

a) Geología

Las unidades litoestratigráficas que se encuentran en las Lomas de Villa María son las siguientes: la granodiorita de la Superunidad Santa Rosa del Cretáceo superior (Ks-sr/gb), que cubre una superficie de 538.44 hectáreas, y la grabodiorita de la Superunidad Patap del Cretáceo superior (Ks-pt/gbdi), con una extensión de 89.50 hectáreas (Municipalidad de Lima, 2019).

b) Fisiografía y/o geomorfología

Las laderas con depósitos antrópicos se observan en pendientes suaves, menores a 6 grados, mientras que los depósitos coluvio-residuales se encuentran en pendientes moderadas a muy fuertes, que oscilan entre 6 y 26 grados. Por otro lado, los afloramientos rocosos se presentan en pendientes moderadamente escarpadas a escarpadas, con inclinaciones entre 29 y 40 grados (Medina, 2007). Estas características son el resultado de procesos geodinámicos, plutónicos y tectónicos, lo que se refleja en la Loma de Villa María de la siguiente manera: las colinas y montes testigos están formados por las elevaciones que bordean las estribaciones occidentales, mientras que las estribaciones de la cordillera occidental son las pendientes y crestas periféricas de la cordillera andina, compuestas por el batolito costero (Miyasiro y Ortiz, 2016).

c) Suelos

Según su origen, las lomas de Villa María presentan dos tipos de suelo distintos: suelos coluviales y suelos derivados de materiales residuales. Los suelos coluviales se encuentran en los pies de monte y se caracterizan por su falta de desarrollo genético, además de la presencia de fragmentos rocosos. Por otro lado, los suelos derivados de materiales residuales están compuestos por materiales plutónicos del Batolito y calizas que conforman los primeros contrafuertes occidentales de los Andes, presentes en las zonas colinosas de la loma (Miyasiro y Ortiz, 2016).

En base al sistema de clasificación de la FAO, se han identificado tres tipos de suelo en las lomas de Villa María:

- *Arenosoles háplicos-Solonchaks háplicos (ARh-SOh)*: Estos suelos se caracterizan por su profundidad, textura gruesa y baja cantidad de materia orgánica, desarrollándose a partir de materiales aluviales o eólicos. Presentan condiciones áridas, un drenaje excesivo y sostienen vegetación xerofítica. Los Solonchaks háplicos son suelos moderadamente salinos de origen marino, con textura gruesa y sin estructura definida en la superficie. Contienen sales de sodio, magnesio y calcio en el perfil y pueden soportar vegetación xerofítica o estacional.
- *Fluvisol éutrico-Regosol éutrico (FLe-RGe)*: El Fluvisol éutrico se forma en depósitos aluviales cerca de los principales ríos de las regiones costeras y, en menor medida, en los valles interandinos de la Sierra. Se encuentra en terrazas aluviales con pendientes

planas ligeramente inclinadas. En contraste, el Regosol éutrico se desarrolla a partir de materiales no consolidados de diversas litologías, predominando en el flanco occidental de los Andes. Estos suelos, ligeramente gravosos, presentan una textura que varía de media a gruesa.

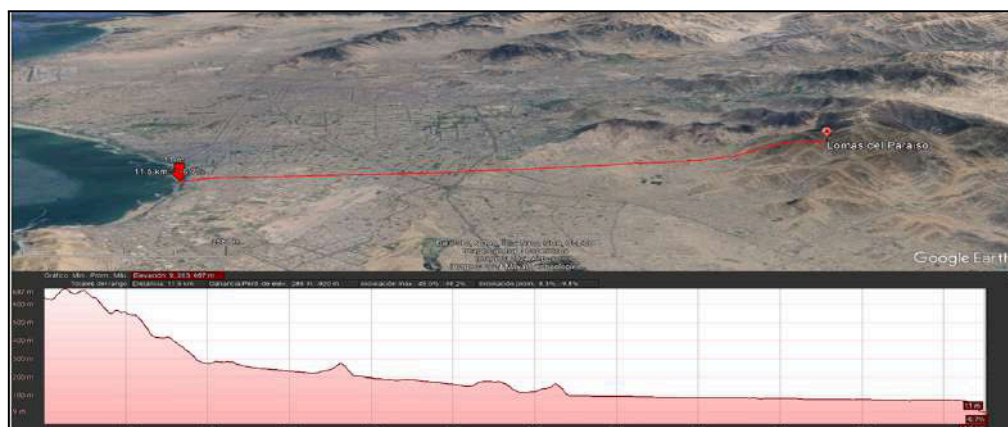
- *Leptosoles Líticos-Afloramiento lítico (LPq-R)*: Estos suelos superficiales se forman directamente a partir de rocas duras y consolidadas, como cuarcitas, areniscas, calizas, lutitas y rocas volcánicas. Se distribuyen ampliamente desde las zonas bajas de la costa hasta las regiones altas de la Sierra, encontrándose en una topografía accidentada en laderas de colinas y montañas. Esta asociación se extiende de manera continua a lo largo del flanco occidental de la Cordillera de los Andes, ubicándose en las estribaciones de la vertiente occidental con pendientes extremadamente empinadas, especialmente en áreas fuertemente erosionadas (Municipalidad de Lima, 2019).

d) Clima

Según Miyasiro y Ortiz (2016), el clima en las lomas es estacional y se caracteriza por una temporada húmeda durante los meses de invierno. Durante este período, la humedad relativa es alta y se presentan lloviznas frecuentes que promueven el crecimiento de la vegetación endémica de las lomas. Sin embargo, durante el resto del año, la vegetación es escasa o prácticamente inexistente, y el área se vuelve árida. Esto se debe a la disposición de la cordillera andina y su cercanía a la costa del Pacífico, lo que bloquea los vientos húmedos del Atlántico, según el Instituto Nacional de Recursos Naturales (2002).

Los vientos alisios del océano Pacífico soplan en dirección Nor-noreste y pierden humedad sobre el mar debido a las bajas temperaturas de la Corriente Peruana. Esto crea una densa capa de neblina que da lugar a precipitaciones tipo garúa. A pesar de la alta humedad atmosférica, las lluvias intensas son poco comunes debido a la inversión térmica. Este fenómeno implica que las aguas frías del mar enfrían la capa de aire sobre ellas, hasta una altura de 800 a 900 metros, donde la temperatura aumenta abruptamente de 13 °C a 24 °C en la Figura 10.

La Corriente Peruana, con temperaturas promedio de 13 a 14 °C en invierno y 15 a 17 °C en verano, provoca el afloramiento de aguas ricas en nutrientes y afecta el clima costero. Además, influye en la aparición del Fenómeno de El Niño, cuya intensidad y duración están directamente relacionadas con la presencia de lomas.

Figura 10.*Distancia del mar y la loma Villa Maria**Fuente.* Google Earth.*Nota:* La distancia entre la loma y el mar es de 11.5 km.**e) Hidrografía e hidrología**

Principalmente, las lomas de Villa María se encuentran ubicadas en microcuencas desérticas que desembocan en la parte baja del río Lurín, sin mostrar un cauce o escurrimiento superficial evidente. Se ha señalado la antigua existencia de manantiales en la zona de Atocongo hasta mediados del siglo XX, los cuales abastecían agua para la agricultura y la minería. Al día de hoy, aún se pueden observar algunos de estos manantiales. Además, las precipitaciones extraordinarias en verano y la presencia de manantiales ocasionan ciertas acciones erosivas que alteran ligeramente el paisaje desértico. Estas incluyen la escorrentía superficial y el desplazamiento de tierra en los cauces de las quebradas secas (Miyasiro y Ortiz, 2016).

4.5.2.2. Aspectos biológicos**a) Zonas de vida**

El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), una entidad adscrita al MINAM, ha mantenido una estrecha colaboración con este ministerio. La función principal del SERNANP es garantizar la preservación de las Áreas Naturales Protegidas.

La clasificación de las zonas de vida destaca las Lomas de Villa María, las cuales corresponden al Desierto Superárido Subtropical. Estas lomas se extienden por las llanuras de los valles costeros, desde el nivel del mar hasta los 1800 metros de altura. El relieve

topográfico es mayormente plano y ligeramente ondulado, con algunas elevaciones abruptas y cerros aislados. En esta región, la vegetación es prácticamente inexistente o extremadamente escasa. Se sugiere que la mayoría de las tierras en esta área, actualmente baldías, podrían ser aptas para la agricultura permanente y económicamente productiva mediante sistemas de riego. (Piedra, 2020).

b) Flora y Fauna

Se registraron un total de 112 especies, las cuales se distribuyen en 94 géneros que pertenecen a 39 familias distintas. A continuación, se muestra la Tabla 9 y 10 que resume esta información:

Tabla 9.

Patrón de desarrollo de las especies, en las lomas de Amancaes y Villa María durante septiembre y octubre de 2011.

Forma de crecimiento	Nº especies	%
Hierba (H)	94	77,69
Arbusto (Ab)	13	10.47
Trepador (Tr)	6	4.96
Suculenta (Su)	4	3.31
Árbol (Ar)	4	3.31

Fuente. Flora vascular de las lomas de Villa María y Amancaes, Lima, Perú (Trinidad et al, 2012).

Tabla 10.

Lista de algunas aves-Loma Villa María del Triunfo.

FAMILIA	ESPECIES
Cathartidae	Cathartes aura
Accipitridae	Genanoaetus melanoleucus
Falconidae	Falco Sparverius
Cuculidae	Crotophaga sulcirostris
Strigidae	Athene cunicularia
Trochilidae	Rhodopis vesper
Furnariidae	Geositta peruviana
Hirundinidae	Pygochelidon cyanoleuca

Thraupidae	Conirostrum cinereum
	Phrygilus alaudinus
Emberizidae	Zonotrichia capensis
Icteridae	Sturnella bellicosa

Fuente. SERFOR (2023)

4.5.2.3. Aspectos socioeconómicos

a) Características demográficas

El turismo es el aspecto económico principal en la zona, ya que genera ingresos a través del aumento de visitantes, lo que a su vez crea oportunidades laborales mediante la comercialización de productos y la prestación de servicios. Sin embargo, este aumento también puede tener efectos tanto positivos como negativos en la industria turística, como la presencia de un turismo indiscriminado (Piedra, 2020).

La popularidad del lugar ha llevado a un aumento considerable de visitantes, especialmente a través del circuito Apu Siqay como principal vía de acceso. Durante julio y agosto de 2019, se estima que hubo un promedio de 5,000 visitas diarias. Según un comunicado de la ALP (2019), estas visitas excedieron la capacidad diaria recomendada de 248 personas, lo que resultó en la degradación de senderos existentes y la creación de senderos no autorizados que dañaron la flora y fauna de la zona. Además, se han reportado conflictos con los residentes locales y un aumento de la basura en varios puntos (Piedra, 2020).

4.5.3. Loma Tacahuay

4.5.3.1. Ubicación geográfica

Localizado en el distrito de Ite, provincia de Jorge Basadre, en la región que abarca los departamentos de Tacna y Moquegua, este sitio cuenta con una extensión de 11,609.97 hectáreas y un perímetro de 49,421.97 metros, según datos del SERFOR (2014). Los puntos de referencia establecidos para sus límites son los siguientes: se encuentra entre las coordenadas de 17°44'03" y 17°48'24" de latitud sur, y 71°06'49" y 71°04'09" de longitud oeste.

4.5.3.2. Aspectos físicos

La densidad vegetal en este lugar es notablemente mayor que la de los cerros circundantes, y además se encuentra a una altitud superior. Sin embargo, el acceso a diferentes áreas se ve obstaculizado por pendientes que alcanzan los 50 grados, lo que dificulta la movilidad. A pesar de ello, se ha logrado alcanzar una altitud de 1122 metros, quedando aproximadamente 400 metros para llegar a las cumbres más altas. A una distancia de unos 4 kilómetros, se divisan otras cumbres que podrían alcanzar hasta los 1500 metros, lo que incluye parte de las lomas. La presencia de neblina es frecuente en la zona, dejando apenas alrededor de 2 horas sin cobertura cerca del mediodía. Es relevante destacar que las características topográficas, con cerros de gran altura y la influencia de la humedad del mar, son los factores que propician la existencia de este ecosistema único en medio de la región árida de la costa sur del Perú y norte de Chile (INRENA, 2008).

a) Geología

En la Loma Tacahuay, se identifican diversas unidades litoestratigráficas, que incluyen:

- Super Unidad Ilo, compuesta por granodiorita con hornblenda (Ki-il/gd-h), abarcando 9866.664 hectáreas.
- Super Unidad Ilo (Ki-il-di), con una extensión de 24.002 hectáreas.
- Formación Chocolate (Ji-cho), que cubre 1887.785 hectáreas.
- Depósitos aluviales, caracterizados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz limoarenosa (Qh-al), con una superficie de 1816.711 hectáreas.
- Depósitos eólicos (Qh-e), ocupando una extensión de 5221.448 hectáreas.
- Depósitos marinos (Qh-m), con una superficie de 11.297 hectáreas.
- Depósitos aluviales diferenciados (Qpl-al_1) y (Qpl-al_2), con áreas de 389.737 hectáreas y 175.961 hectáreas, respectivamente.

Estos depósitos pertenecen al sistema cuaternario, siendo los depósitos marinos parte de la serie del pleistoceno y los demás de la serie reciente. La formación chocolate (Ji-cho) se remonta al sistema Jurásico en la serie inferior (Liásico), mientras que la Super Unidad Ilo corresponde a la era Mesozoica, específicamente al sistema Cretácico (Narvaez, 1964).

b) Fisiografía y/o geomorfología

Las lomas de Tacahuay se forman a partir de restos de la cordillera de los Andes en su vertiente occidental, frente al océano Pacífico. Estas lomas han adquirido relevancia debido a

la presencia de la Quebrada Tacahuay, considerada uno de los sitios de ocupación más antiguos en la costa sur. Ubicadas a altitudes que oscilan entre los 500 y 700 metros sobre el nivel del mar, estas lomas comparten características fisiográficas y una composición de flora similar. El suelo, de naturaleza arcillosa-pedregosa y con pendientes de alrededor de 30°, favorece el crecimiento de diversas especies de árboles, arbustos y hierbas anuales.

A medida que se asciende desde los 700 hasta los 900 metros sobre el nivel del mar, las lomas de Tacahuay presentan suelos mayormente arcillosos y rocosos, con pendientes más pronunciadas que alcanzan entre 50° y 60°, lo que dificulta el acceso. En esta franja altitudinal, la vegetación exhibe similitudes con la observada entre los 500 y 700 metros sobre el nivel del mar (Velasquez, 2013).

c) Suelos

La edafología de la Loma Tacahuay se caracteriza por la presencia de dos tipos de suelos principales: Entisol y Leptosol lítico - Afloramiento lítico.

- El Leptosol lítico - Afloramiento lítico se distingue por su desarrollo extremadamente superficial, originándose directamente a partir de rocas duras, coherentes y consolidadas. Su composición litológica incluye principalmente cuarcitas, lutitas, areniscas, rocas volcánicas y calizas. Según la FAO (2008), este tipo de suelo se caracteriza por contener una variedad continua de rocas, con aproximadamente un 20% de material fino en volumen. El término "lítico" hace referencia a la presencia constante de roca, que comienza desde los primeros 10 cm de la superficie del suelo (Nima, 2020).
- Por otro lado, los Entisoles son suelos considerados los más recientes y con una evidencia limitada o ausencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos. En consecuencia, sus propiedades están principalmente influenciadas (heredadas) por el material original del suelo. En cuanto a los horizontes diagnósticos, sólo presentan aquellos que se forman con facilidad y rapidez; por lo tanto, muchos Entisoles tienen un epipedón óchrico o antrópico, mientras que solo unos pocos exhiben un albico, especialmente aquellos formados a partir de arenas (Ibañez, 2011).

d) Clima

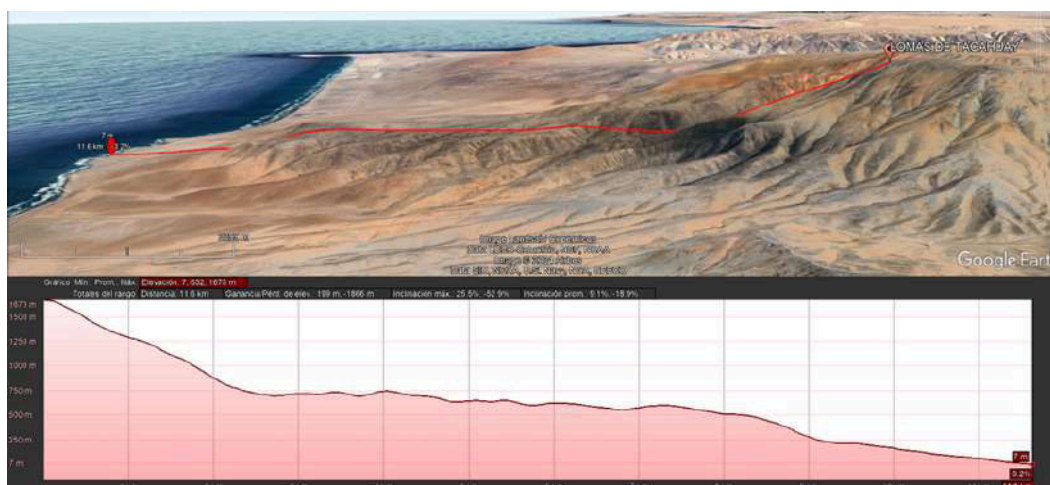
La loma Tacahuay se encuentra ubicada entre los departamentos de Tacna y Moquegua, donde las estaciones cálidas se caracterizan por ser calurosas, bochornosas y

áridas, con una presencia predominante de nubosidad. Por otro lado, los inviernos son prolongados, frescos y secos, con cielos mayormente despejados en la Figura 11. A lo largo del año, la temperatura tiende a oscilar entre 11 °C y 26 °C, siendo poco común que descienda por debajo de los 9 °C o supere los 27 °C (Weatherspark, s.f.).

En cuanto a la extensión de la loma, abarca zonas de vida que se clasifican principalmente como desierto perárido-templado cálido y matorral desértico-templado cálido (INRENA, 2008).

Figura 11.

Distancia del mar y la loma Tacahuay



Fuente. Google Earth.

Nota: La distancia entre la loma y el mar es de 11.6 km.

e) Hidrografía e hidrología

Localizada en la Intercuenca 13171 en su núcleo central, y en una porción menor en la Cuenca Locumba, la Loma Tacahuay abarca una extensión de 298 km². Su red de drenaje se nutre principalmente de la cuenca Locumba y su río principal, que se extiende a lo largo de 196.31 km de longitud (ANA, s.f.).

4.5.3.3. Aspectos biológicos

Ubicadas al norte del departamento de Tacna, en la vertiente occidental de los Andes del sur del Perú, frente a las costas del Océano Pacífico, las lomas de Tacahuay junto con las colinas de Morro Sama, son los únicos ejemplos de su tipo en Tacna. Estos ecosistemas son de gran relevancia debido a la singularidad de su topografía y la diversidad de flora que

albergan, actuando como oasis en medio de la aridez predominante en esta región de Sudamérica (INRENA, 2008).

Las lomas de Tacahuay se forman como remanentes de cadenas montañosas de la cordillera de los Andes en su vertiente occidental, frente al océano Pacífico. Según el mapa ecológico de Perú, el área de estudio se clasifica dentro de las zonas de vida del desierto perárido – Templado Cálido (dp-Tc) y el matorral desértico- Templado cálido (md-Tc) (INRENA, 2005).

a) Zonas de vida

Se ha destacado la importancia de establecer el Área de Conservación Regional Lomas de Tacahuay, siendo declarada de interés regional y alta prioridad. Esta medida se llevó a cabo mediante la Ordenanza Regional N°020-2011-CR/GOB.REG.TACNA el 19 de diciembre de 2011. En este contexto, se han identificado un total de 315 especies de flora vascular en la zona. De acuerdo con el mapa ecológico del Perú, esta área se encuentra dentro de las zonas de vida del matorral desértico-Templado árido (md-Tc) y el desierto perárido-Templado Cálido (dp-Tc) (INRENA, 2005).

En términos de vegetación, las áreas comprenden tres categorías principales:

- Suculentas, que incluyen cactus.
- Bosques de Tara silvestre.
- Matorrales propios de las lomas

b) Flora y fauna

Durante los años (2010-2011), se llevaron a cabo expediciones botánicas con el objetivo de realizar un inventario florístico exhaustivo de la vegetación presente en la zona. Estas expediciones incluyeron la recolección y análisis de muestras de sedimentos arqueológicos de 17 sitios diferentes. Dentro de este hábitat, se observó una población significativa de tara silvestre (*Caesalpinia spinosa*). Además, se destacó la notable diversidad de aves, entre las que se encuentra el lagarto *Microlophus tigris*.

En relación con la flora actual, se identificaron un total de 58 especies, distribuidas en 45 géneros y pertenecientes a 23 familias distintas. A continuación, se muestran las Tablas 11,12,13 y 14 que resumen esta información:

Tabla 11.*Flora Silvestre de la Loma Tacahuay*

Flora Silvestre de Loma Tacahuay			
Nº	Familia	Especies	Nombre común
1	Aizoaceae	Tetragonia ovata	
2	Amaranthaceae	Alternanthera halimifolia	Hierba blanca
3	Amaranthaceae	Amaranthus hybridus	
4	Amaranthaceae	Atriplex sp.	
5	Apiaceae	Hydrocotyle bonariensis	
6	Asteraceae	Bidens pilosa	
7	Asteraceae	Flaveria bidentis	
8	Asteraceae	Gamochaeta sp.	
9	Asteraceae	Grindelia glutinosa	

Fuente. Adaptación propia.

Tabla 12.*Avifauna de la Loma Tacahuay*

Avifauna de la Loma Tacahuay			
Nº	Familia	Especies	Nombre común
1	Cathartidae	Cathartes aura	Gallinazo de Cabeza Roja
2	Accipitridae	Circus cinereus	Aguilucho Cenizo
3	Accipitridae	Geranoaetus polyosoma	Aguilucho Variable
4	Accipitridae	Geranoaetus melanoleucus	Aguilucho de Pecho Negro
5	Burhinidae	Burhinus superciliaris	Huerequeque
6	Columbidae	Metriopelia melanoptera	Tortolita de Ala Negra
7	Columbidae	Zenaida auriculata	Tórtola Orejuda
8	Strigidae	Athene cunicularia	Lechuza Terrestre
9	Apodidae	Aeronautes andecolus	Vencejo Andino
10	Trochilidae	Rhodopis vesper	Colibrí de Oasis
11	Falconidae	Falco sparverius	Cernícalo Americano

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 13.*Mamíferos de la Loma Tacahuay*

Mamíferos de la Loma Tacahuay			
Nº	Familia	Especies	Nombre común
1	Canidae	Lycalopex griseus	Zorro gris
2	Leporidae	Lepus europaeus	Liebre europea

Fuente. Elaboración propia.**Tabla 14.***Herpetofauna de la Loma Tacahuay.*

Herpetofauna			
Nº	Familia	Especies	Nombre común
1	Tropiduridae	Microlophus tigris	Lagartija tigre
2	Tropiduridae	Microlophus peruvianus	Lagartija peruana
3	Bufonidae	Bufo sp.	Sapo

Fuente. Elaboración propia.

4.5.3.4. Aspectos socioeconómicos

El distrito de Ite está clasificado en el puesto 1,778 en el ranking de pobreza nacional, mientras que el Distrito de San Isidro en Lima, con el puesto 1,874, es el de menor pobreza (INEI, 2020).

Durante los últimos 15 años, se ha observado una tendencia creciente en el avance presupuestal del distrito de Ite. En el año 2023, se alcanzó el máximo avance en la ejecución presupuestal, llegando al 95.6%, mientras que en 2009 se registró el menor avance, con un 15.7%. Según datos del portal de transparencia del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), el distrito de Ite asigna recursos a programas que incluyen nutrición articulada, gestión integral de residuos sólidos, aprovechamiento de recursos hídricos para la agricultura, reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres, entre otras áreas presupuestales (Municipalidad Distrital de Ite, 2014).

4.6. Diseño de investigación

La investigación actual se basa en un enfoque explicativo y se identifica como un estudio básico. Su objetivo principal es ampliar y profundizar el entendimiento sobre cómo los fenómenos marino-costeros afectan las formaciones de lomas costeras. Se distingue por su diseño no experimental y su enfoque longitudinal, ya que los eventos serán analizados a lo largo de un período extenso, abarcando desde 1998 hasta 2000 y desde 2015 hasta 2019.

Este estudio se enfoca principalmente en el análisis cuantitativo, lo que implica la recolección de datos expresados en números y su subsiguiente interpretación.

4.7. Procedimiento general de la investigación

Inicialmente, con el fin de recopilar información sobre la vegetación de las lomas costeras en relación con la Temperatura Superficial del Mar, debido a su importancia recurrente e impacto en estas áreas, se realizó una exhaustiva revisión de fuentes secundarias. Esto incluyó el análisis de plataformas de geomática y geoportales. Además, se tomaron en cuenta como datos clave la altitud (msnm), la cual se analizó en un Modelo Digital de Elevación (DEM) para determinar las extensiones geográficas y área de estudio, asimismo, se consideró la ubicación de las lomas en regiones Norte, Centro y Sur, tomando en cuenta la distancia hacia el océano Pacífico.

Posteriormente, se procedió a la búsqueda de imágenes satelitales de forma cuatrimestral, es decir, de enero a abril, mayo a agosto y de septiembre a diciembre. Esta división permitió un análisis más detallado de la TSM a lo largo del año, considerando temporadas cada cuatro meses debido a similitudes climáticas y a la disponibilidad limitada de imágenes satelitales de calidad.

Luego, se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en intervalos de cada cuatrimestre y se realizó una clasificación en 21 subdivisiones entre rangos de 0.05 para mejorar la visualización de los suelos mediante el software de QGIS mediante el método de reclasificación de valores de píxeles por tablas o rangos; finalmente se procedió a calcular el área de cada subdivisión mediante el software FRAGSTATS. Se consideró como vegetación aquellos valores del NDVI a partir de 0.2 hasta 1, para el análisis de la presente investigación.

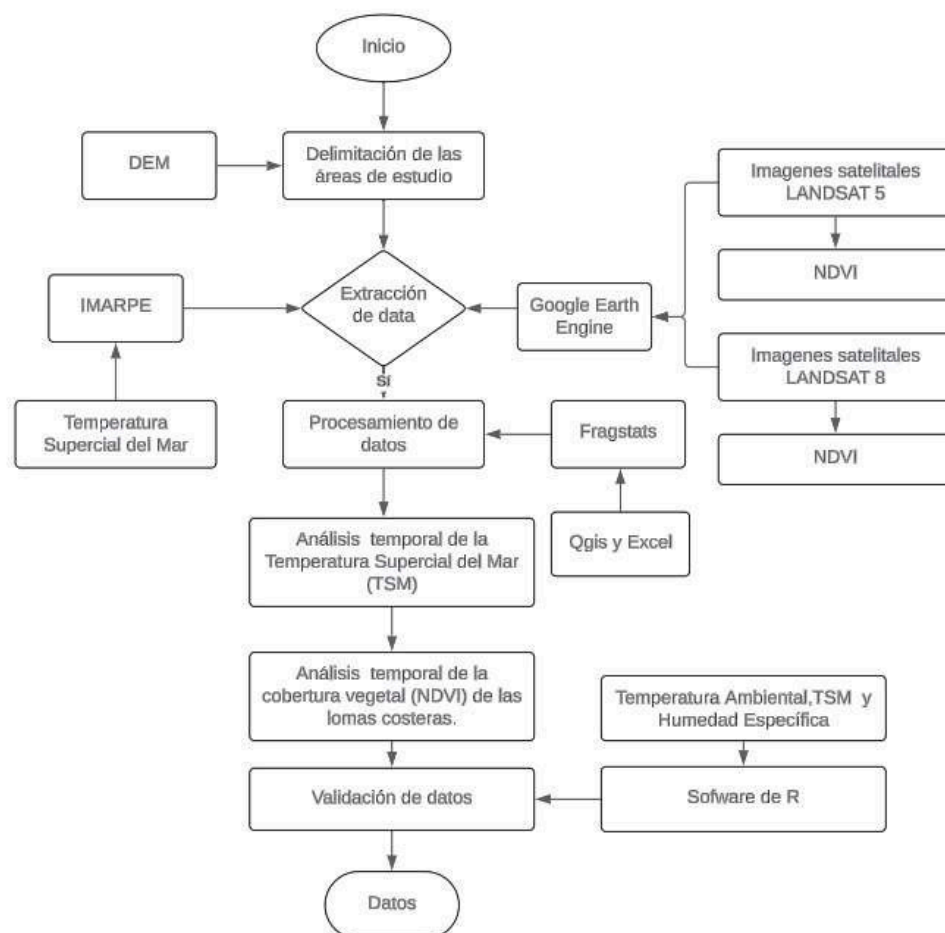
Además, se recopilaron datos sobre la TSM para las tres estaciones del IMARPE. Estos resultados fueron sometidos a un análisis detallado con el objetivo de identificar cualquier tendencia durante la temporada de cambio de TSM.

La metodología empleada se basó en el uso de códigos en Google Earth Engine para obtener el NDVI a partir de imágenes de los satélites Landsat 5 y Landsat 8. También se extrajeron datos de temperatura ambiental y humedad específica de la Nasa Power- Data Access Viewer para buscar relaciones entre las variables de análisis.

Finalmente, se realizó un análisis estadístico de regresión lineal múltiple y multicolinealidad en el software RStudio, el cual permitió la validación de los datos de investigación, y evidenciar la relación entre las variables de estudio: TSM, vegetación de las lomas, temperatura ambiental y la humedad específica.

Figura 12.

Diagrama de flujo



Fuente. Elaboración propia

Con el objetivo de definir el área de estudio correspondiente a cada una de las lomas costeras, se llevó a cabo una exhaustiva recopilación de información teórica, considerando las altitudes respectivas y el impacto de la Temperatura Superficial del Mar durante los períodos del Fenómeno de El Niño en cada una de ellas.

La selección de las lomas abarcó la elección de la más septentrional, la más meridional y una ubicada en la región central. Inicialmente, se consideró la delimitación proporcionada por el SERNANP; sin embargo, a medida que avanzaba la investigación, se revisaron las extensiones de las lomas, dado que se constató que las lomas abarcaban más área de la delimitada por el SERNANP. Por lo tanto, siguiendo las directrices establecidas por el SERNANP y basándose en la evaluación visual de las imágenes, se determinaron polígonos específicos para cada loma, teniendo en cuenta tanto su forma como sus altitudes. Esta tarea se realizó utilizando herramientas como el ráster y las imágenes DEM, en conformidad con los requisitos metodológicos del análisis, para validar los datos y extraer conclusiones.

4.7.1. Obtención de datos

4.7.1.1. Google Earth Engine (GGE)

Después de descargar las imágenes ráster obtenidas a través de Google Earth Engine, se llevó a cabo la reclasificación del índice de vegetación en 21 categorías para un análisis más detallado. A continuación, se presenta la Tabla 15 que muestra la información.

Tabla 15.

Rangos de reclasificación

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
-1	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95
0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1

Fuente: Chuvieco E, 1999

La clasificación se relaciona de la siguiente manera:

- 1-5 suelo sin vegetación
- 6-9 poca vegetación
- 10-13 vegetación media
- 14-17 vegetación densa
- 18-21 vegetación muy densa

Según Chuvieco E (1999), se establece que los rangos de -1 a < 0.2 se caracterizan como suelo sin vegetación, mientras que los valores entre 0.2 y 0.4 se consideran como poca vegetación. Asimismo, se define que los rangos de 0.4 a 0.6 corresponden a vegetación media, de 0.6 a 0.8 a vegetación densa, y de 0.8 a 1 a vegetación muy densa.

Los datos se recolectaron de forma trimestral, cubriendo un período de cuatro meses para cada estación a lo largo de los años 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019. Luego, se determinó la extensión de las áreas de vegetación utilizando el software libre QGIS en un rango de 0.2 a 1 . Posteriormente, se empleó el programa Microsoft Excel para filtrar y organizar la información de manera sistemática, con el propósito de generar gráficos que facilitarán una evaluación eficaz.

4.7.1.2. Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Temperatura Superficial del Mar (TSM).

Se presenta una descripción detallada de los datos mensuales de la TSM y sus anomalías, recopilados en las estaciones costeras del IMARPE (ver Tabla 16). Estos datos provienen de las ubicaciones señaladas en la Figura 13 y Tabla 17 donde se describen los instrumentos de medición por estación.

Tabla 16.

Estaciones de monitoreo.

ESTACIONES		
Nombres	Ubicación geográfica de la plataforma de medición	Obtención de datos
Huanchaco	El Muelle de Huanchaco está ubicado en las coordenadas geográficas $08^{\circ}04'41.2''$ de latitud sur y $79^{\circ}07'19.3''$ de longitud oeste, en la localidad de Trujillo, Perú.	Los datos abarcan promedios diarios de la TSM, los cuales son registrados en la estación costera de HUANCHACO a las 08:00, 12:00 y 18:00 horas, durante los últimos doce meses. La estación se encuentra a 20.8 km de la Loma de Ochiputur.
Callao	El Muelle del IMARPE está situado en las coordenadas geográficas $12^{\circ}03'57.78''$ de latitud sur y $77^{\circ}09'30.54''$ de longitud oeste, en Chucuito-Callao, Perú.	Los datos comprenden promedios mensuales de la TSM, los cuales son registrados en la estación costera de CALLAO a las 08:00, 12:00 y 16:00 horas, acompañados de sus respectivas anomalías, desde el año 2000 hasta la fecha. La estación se encuentra a 25.8 km de la Loma de Villa María.
Ilo	El punto está situado en Ilo, en las coordenadas geográficas $17^{\circ}38'38.4''$ de latitud sur y $71^{\circ}20'45.6''$ de longitud oeste.	Los datos comprenden promedios mensuales de la TSM, registrados en la estación costera de ILO a las 08:00, 12:00 y 18:00 horas, junto con sus respectivas anomalías, desde el año 2000 hasta la fecha. La

estación se encuentra a 19.1 km de la Loma de Tacahuay.

Fuente. Adaptado de IMARPE.

Tabla 17.

Descripción del instrumento de medición.

Estación	Descripción
Huanchaco	En la estación HUANCHACO, se lleva a cabo el registro de la TSM utilizando un termómetro de inmersión total de la marca Alla France, modelo ASTM/63C. Este termómetro está diseñado para operar en un rango de temperatura que va desde -8°C hasta 32°C, con una precisión de 0,1°C. Los datos recopilados se almacenan en archivos en formato MS Excel (.xls) para facilitar su gestión y distribución.
Callao	Los registros de TSM en la estación CALLAO se efectúan con el sensor MicroCAT de SEA-BIRD, instalado en el muelle del IMARPE. Estos datos se transmiten al data logger DA9000, ubicado en la azotea de la sede central de la institución. Con una precisión de hasta dos decimales, se capturan cada 10 minutos y pueden ser obtenidos mediante el software SIAP+MICROS Supervis en formatos prácticos como archivos de texto (.txt) y MS Excel (.xls).
Ilo	La estación ILO recopila datos de TSM utilizando un termómetro de la marca Allafrance. Estos registros se almacenan luego en archivos en formato MS Excel (.xls) para facilitar su gestión y distribución.

Fuente. Adaptado de IMARPE.

Figura 13.

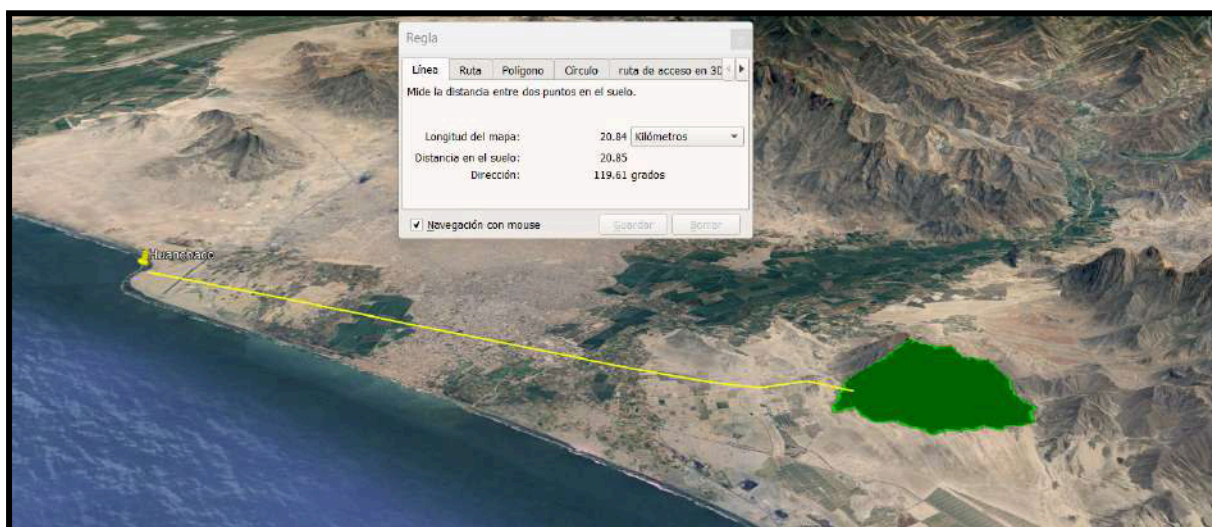
Estaciones de monitoreo de Huanchaco, Callao e Ilo de IMARPE



Fuente. Google Earth

Figura 14.

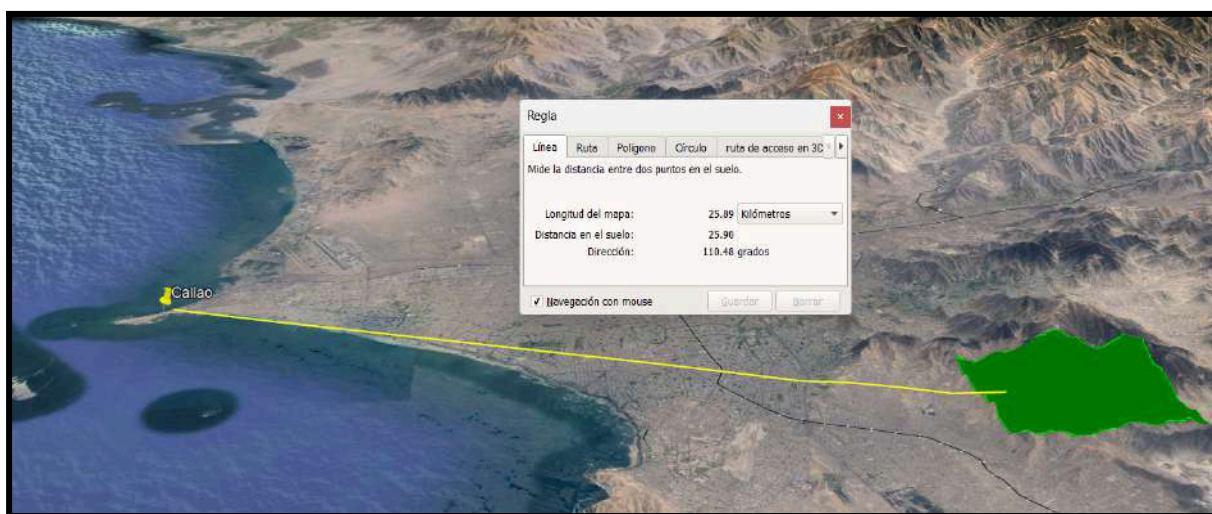
Distancia entre la Loma Ochiputur y la estación Huanchaco.



Fuente. Google Earth

Figura 15.

Distancia entre la Loma de Villa María y la estación Callao



Fuente. Google Earth

Figura 16.

Distancia entre la Loma de Tacahuay y la estación Ilo.



Fuente. Google Earth

La información de monitoreo recopilada en las tres estaciones fue utilizada para extraer las TSM correspondientes a los años 1996 al 2000 y 2015 al 2019. Luego, esta información fue organizada utilizando el software Microsoft Excel para generar gráficos que faciliten una evaluación más detallada.

4.7.1.3. Nasa Power

Se ha recopilado información sobre la temperatura ambiental y la humedad específica durante los años 1995 al 2000 y 2015 al 2019. Estos datos serán utilizados en el análisis de la correlación entre el fenómeno de El Niño y las lomas costeras (NASA POWER, s.f.).

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

5.1. Análisis de resultados

5.1.1. Índice De Vegetación De Diferencia Normalizada (NDVI)

El análisis para Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) fue considerado por temporadas, estas fueron cuatrimestral debido que al ser un ecosistema estacionario tiene temporadas, durante la época de invierno estas reverdecen y durante el verano la vegetación entra en reposo solo algunas florecen (Kato, 2018). Por esa razón, se opta por una segmentación estratégica para la evaluación, realizada cada 4 meses. Posteriormente, se lleva a cabo el procesamiento de imágenes de Landsat 5 y Landsat 8, abarcando los años 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, con el propósito de calcular el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en las tres lomas costeras.

Se categorizan los rangos de la siguiente manera: desde -1 hasta < 0.2 se definen como suelo sin vegetación, aquellos comprendidos entre 0.2 y 0.4 se consideran como de poca vegetación, los valores entre 0.4 y 0.6 se identifican como vegetación media, de 0.6 a 0.8 se clasifican como vegetación densa, y aquellos comprendidos entre 0.8 y 1 se caracterizan como vegetación muy densa (ver Tabla 18).

Tabla 18.

Rangos de reclasificación del suelo

En las dos primeras filas se muestran los rangos de indicadores

-1	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95
0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1

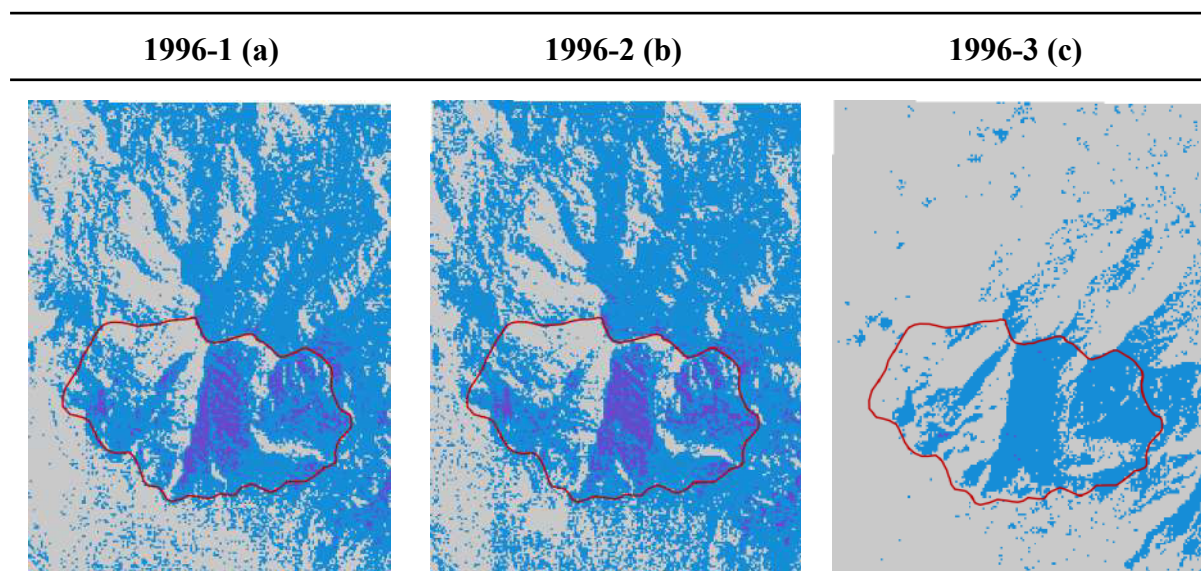
Fuente: Chuvieco E, 1999.

A continuación, se muestran las Tablas 19, 20, 21, 22, 23 y 24 que resumen la información en las tres lomas y su categorización:

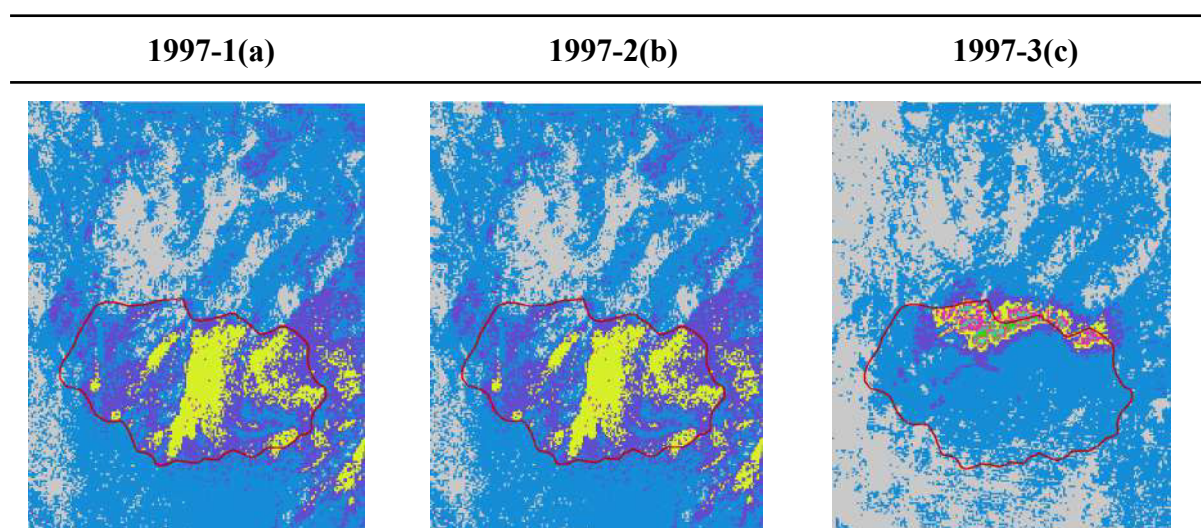
5.1.1.1. Loma Ochiputur

Tabla 19.

Lomas de Ochiputur con imágenes Landsat 5, periodo 1996 al 2000.

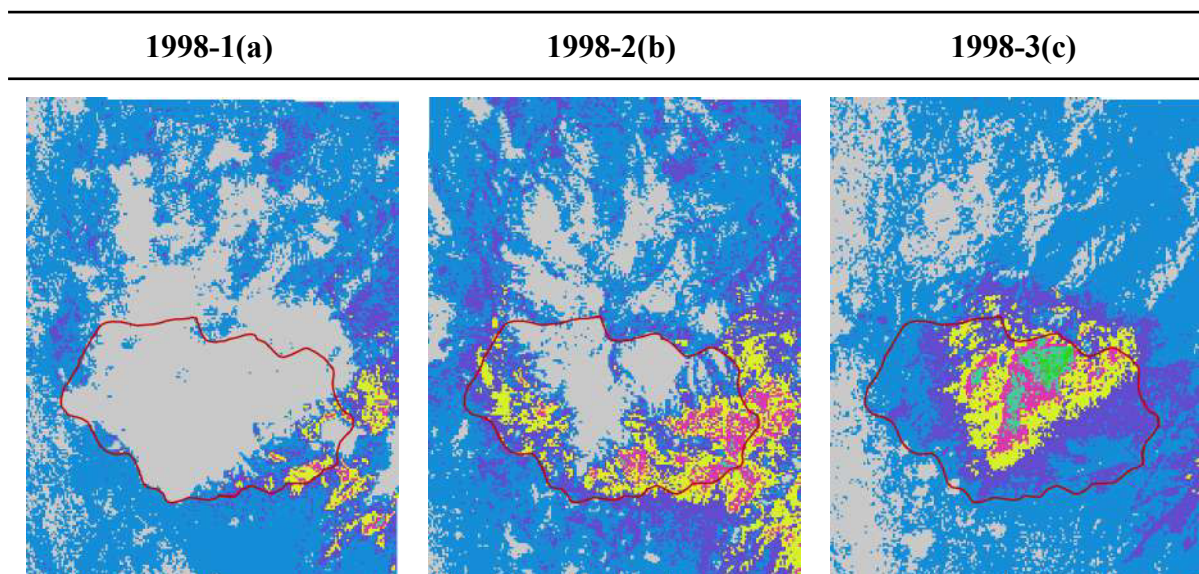


Las Figuras A, B y C presentan imágenes con coloraciones predominantes de plomo, celeste y violeta. La coloración plomo indica áreas con baja actividad fotosintética, desprovistas de vegetación y cubiertas principalmente por rocas, así como algunas superficies de agua y nubes. Estas dos temporadas muestran similitudes. Sin embargo, en la Figura C se observa una marcada tendencia de suelos con características más desérticas, mucho más pronunciada que en la temporada anterior.

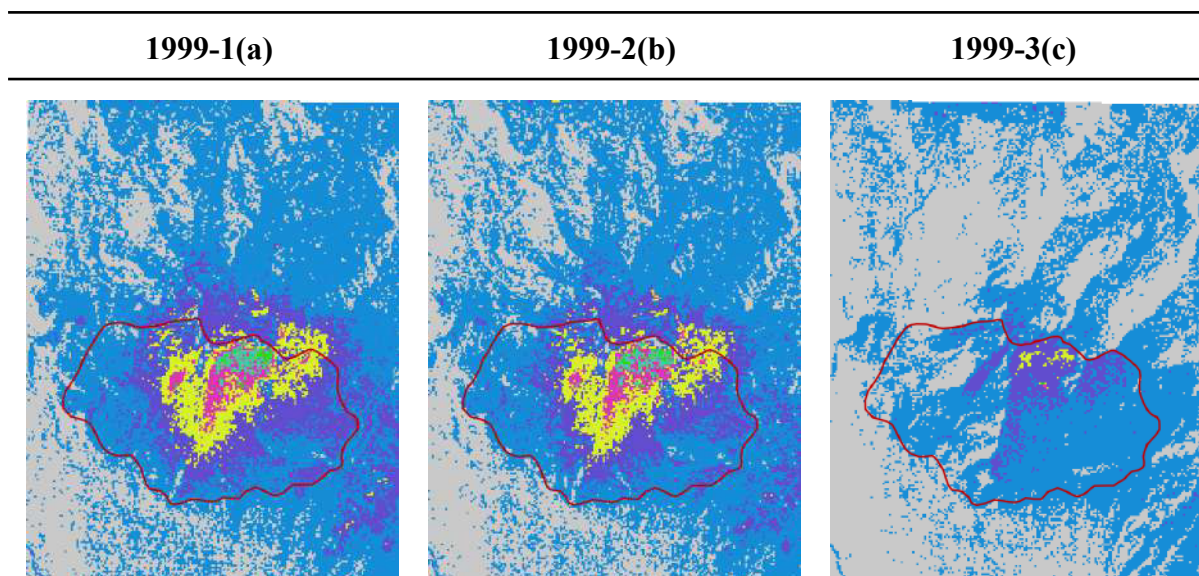


La Figura A y B se distinguen por la presencia en moderadas cantidades de coloración amarilla ubicadas en la parte central del polígono que tienen tendencia a ser zonas menos áridas y en el rango de clasificación se acercan a zonas con presencia de vegetación pobre. Por otro lado, en la Figura C presenta múltiples coloraciones en la zona norte del polígono

extendiéndose incluso por el área delimitada y da el inicio de una vegetación de crecimiento radial activa, evidenciada por valores superiores a 0.2 e inferiores a 0.45 en la clasificación.

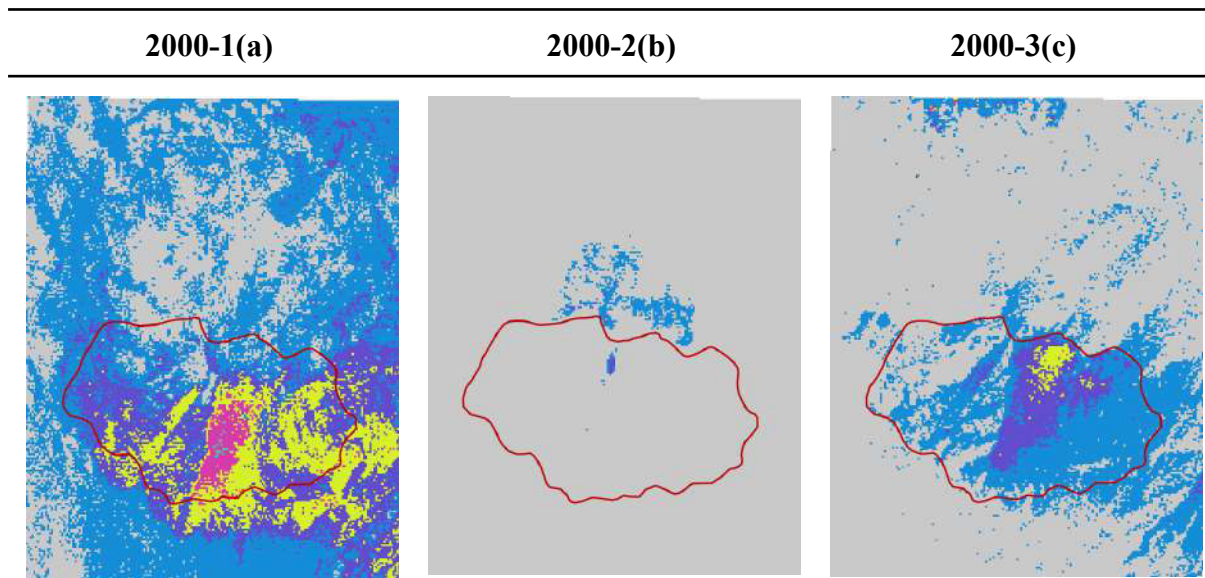


La Figura A se distingue por zonas cubiertas por cuerpos de humedad, como las nubes que no permiten la identificación precisa del área, pero con presencia de valores inferiores a 0.1 en su mayoría, logra observarse al Sureste suelos desnudos. Por otro lado, la Figura B exhibe la presencia de una mayor cantidad de suelos desnudos, considerablemente mayor con zonas áridas que en la temporada posterior. Además, se puede observar que en la Figura C hay una variedad del inicio de vegetación dispersa pero aún con poca actividad fotosintética, evidenciada por valores de manera radial en su distribución inferiores a 0.45 en la clasificación por rangos.



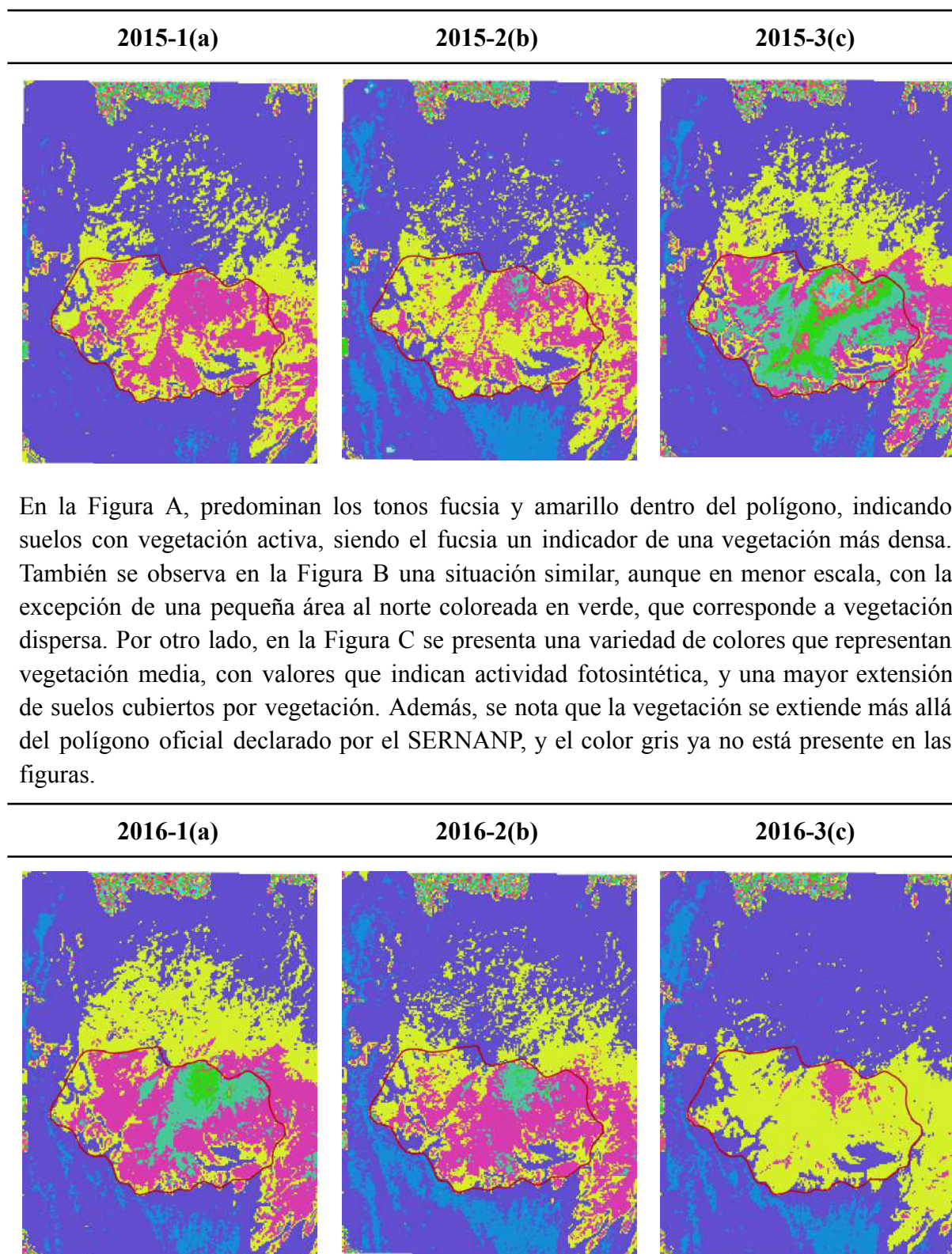
En la Figura A hay una variedad del inicio de vegetación dispersa pero aún con poca actividad fotosintética y más zonas áridas, evidenciada por valores y la coloración amarilla, fucsia y verde distribuidas de manera radial desde el centro del área delimitada, inferiores a

0.45 en la clasificación por rangos y se logra apreciar la disminución de la presencia de la loma, la cual también se observa en la Figura B con dimensiones similares, estas imágenes no son interferidas por la nubosidad presenciada en temporadas anteriores. Sin embargo, en la Figura C se aprecia la desaparición en casi su totalidad de la coloración amarilla quedando una pequeña área al Norte del polígono y la extinción de todos los demás colores, acompañada de una mayor extensión de áreas con baja actividad fotosintética.

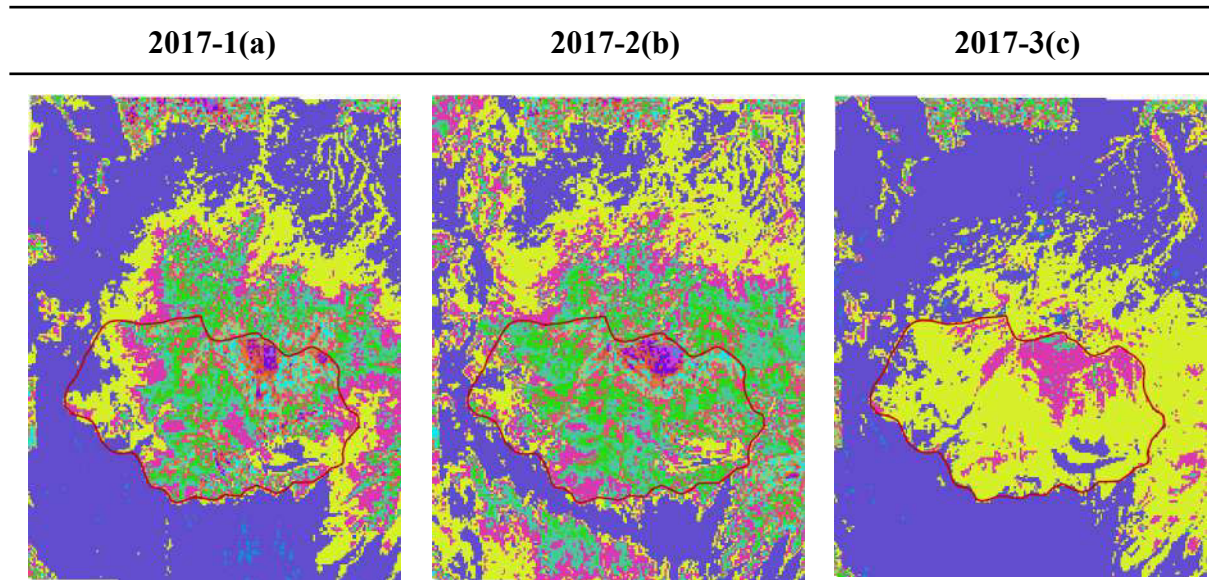


Las Figuras A se presencia los colores amarillo y fucsia indican suelos desnudos en el Sureste del polígono, además las pequeñas áreas de verde indican vegetación escasa y dispersa. Mientras en la Figura B las áreas muestran nubes que son mostrados por el color plomo impidiendo una evaluación adecuada y también en la Figura C hay gran presencia de nubes, pero también hay muestra de rocas e indican exhiben suelos caracterizados como desprovistos de vegetación.

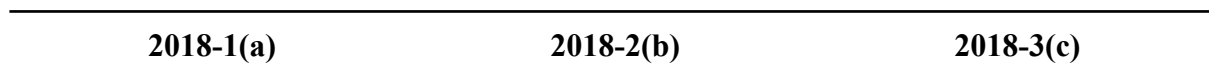
Fuente. Elaboración propia.

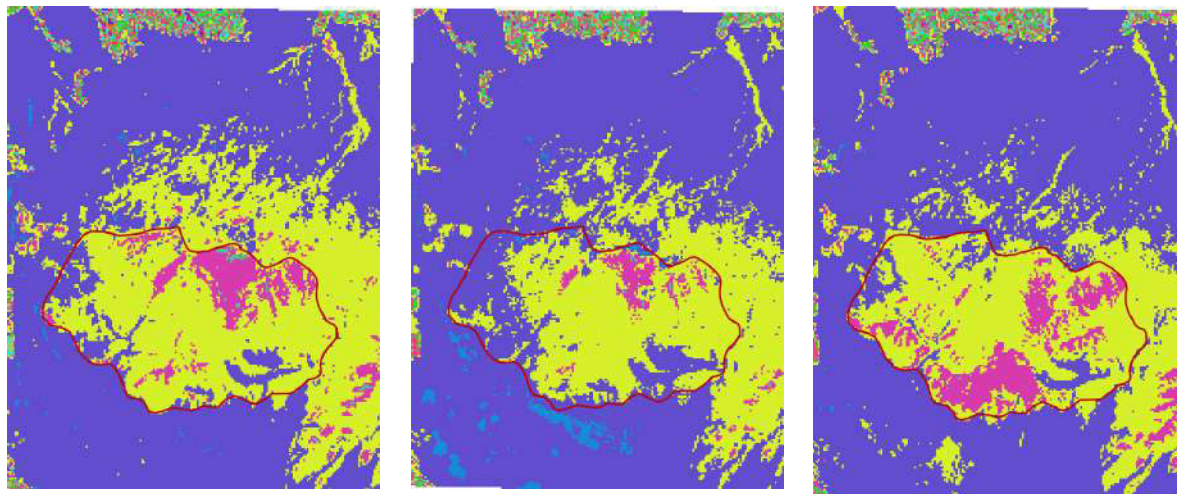
Tabla 20.*Imágenes Landsat 8, periodo 2015 al 2019*

En la Figura A se muestran suelos casi desnudos la predominancia de colores son los colores fucsia, amarillo y azul oscuro, notamos que la coloración celeste casi desaparece, pero el color verde y verde intenso se relación a la vegetación dispersa indicando la vegetación activa, la cual también se observa en la Figura B con una menor dimensión en las áreas verdes y amarillas. Sin embargo, en la Figura C predomina el amarillo se nota la disminución en las áreas características de zonas áridas con suelos desnudos con baja actividad fotosintética.



En la Figura A se muestra grandes áreas que se extienden del polígono, se aprecia una variada paleta de colores que se extienden en el Norte, desde el color violeta que nos indica una mayor densidad de vegetación se extiende de manera radial con mucha vegetación activa, también se presencia la misma escena en la Figura B, pero con mucha mayor presencia al Norte, Este y al Sur con una mayor dimensión. Sin embargo, en la Figura C se muestra una gran disminución en la actividad fotosintética conservando sólo pequeñas áreas con vegetación activa de color verde y una costra vegetal al Norte del polígono, acompañada de una menor extensión de la coloración amarilla iniciador de zonas áridas. Asimismo, se observa que la vegetación sobresale de los tres polígonos.



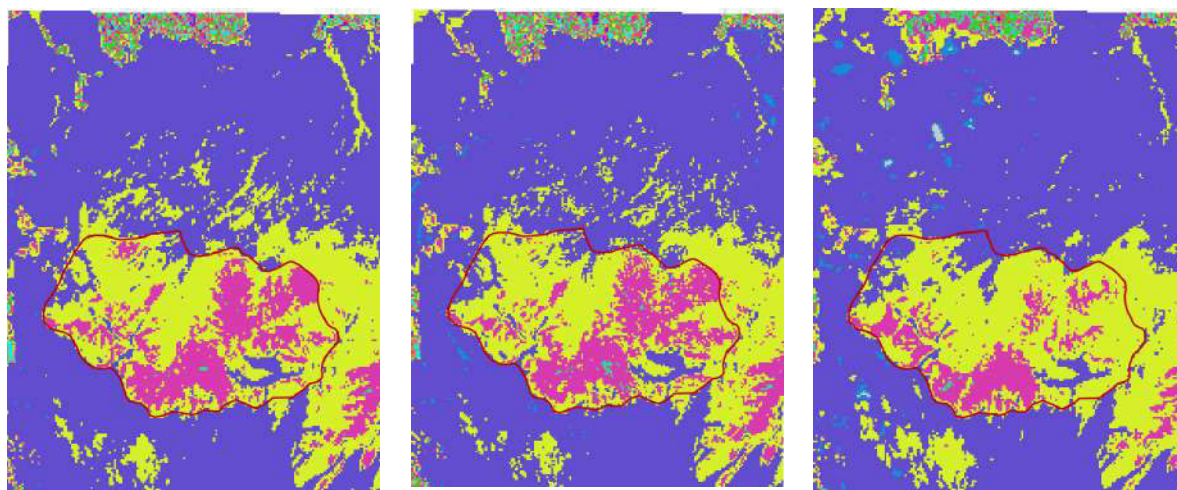


En la Figura A predomina el amarillo, se nota la disminución en las áreas de vegetación, pero hay muchas áreas características de zonas áridas con suelos desnudos con baja actividad fotosintética conservando sólo muy pequeñas áreas con vegetación activa de color verde y una costra vegetal al Norte del polígono, la Figura B continua con la misma estructura, pero con dimensiones más pequeñas. Sin embargo, en la Figura C se muestra el aumento de la costra vegetal en el Sur y al Este, acompañada de una mayor extensión de suelos sin vegetación acompañada de una menor extensión de coloración amarilla indicador de zonas áridas y baja actividad fotosintética.

2019-1(a)

2019-2(b)

2019-3(c)



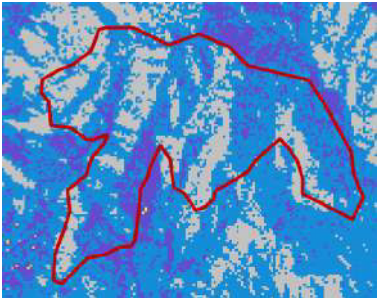
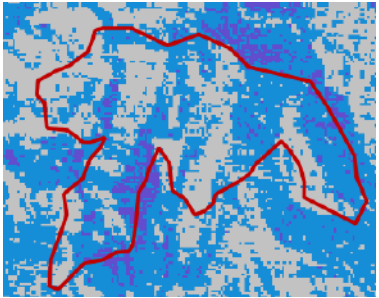
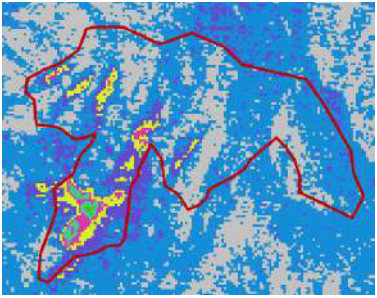
En la Figura A predomina el amarillo y el fucsia, características de zonas áridas con suelos desnudos con baja actividad fotosintética, además se conserva sólo pequeñas áreas con vegetación activa de color verde y una costra vegetal se distribuye en gran parte del polígono definida por el color fucsia. Además, la Figura B continúa con la misma estructura y con dimensiones similares con más pequeñas áreas de color verde. Sin embargo, en la Figura C se muestra la desaparición de la costra vegetal en el Norte, acompañada de una mayor extensión de suelos sin vegetación de coloración amarilla indicador de zonas áridas y baja actividad fotosintética.

Fuente. Elaboración propia.

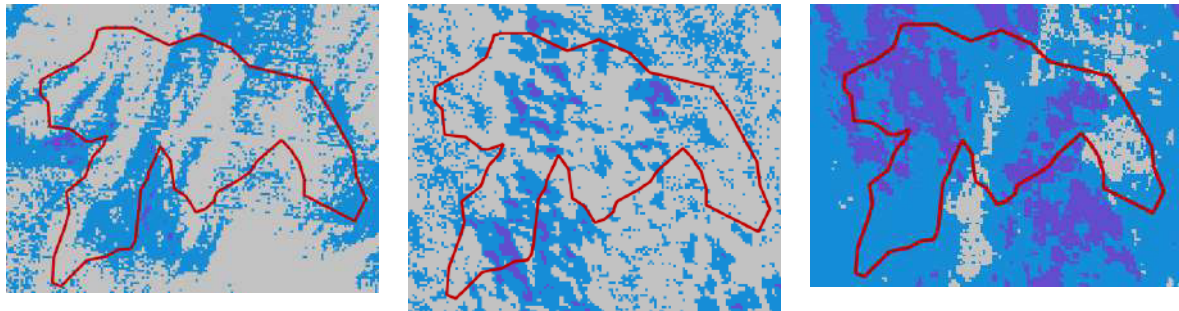
5.1.1.2. Loma Villa María

Tabla 21.

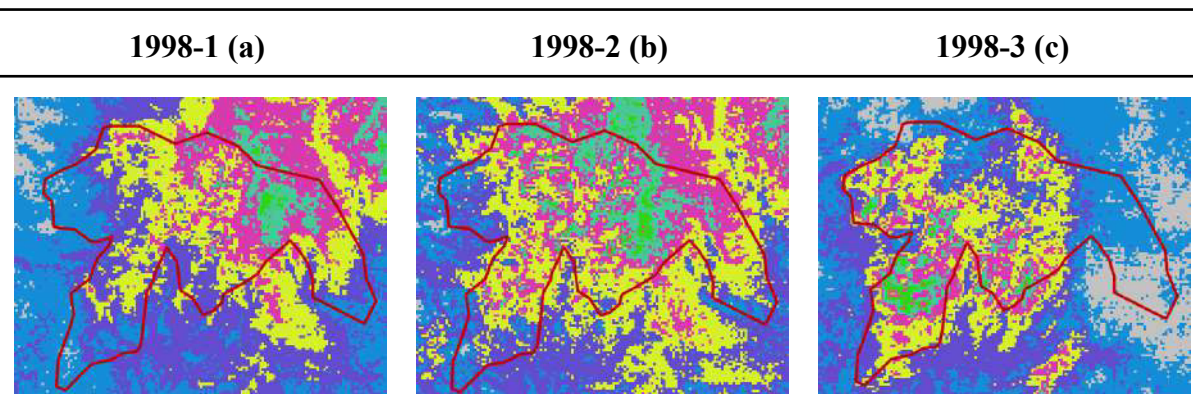
Imágenes Landsat 5, periodo 2015 al 2019

1996-1 (a)	1996-2 (b)	1996-3 (c)
		
1997-1 (a)	1997-2 (b)	1997-3 (c)

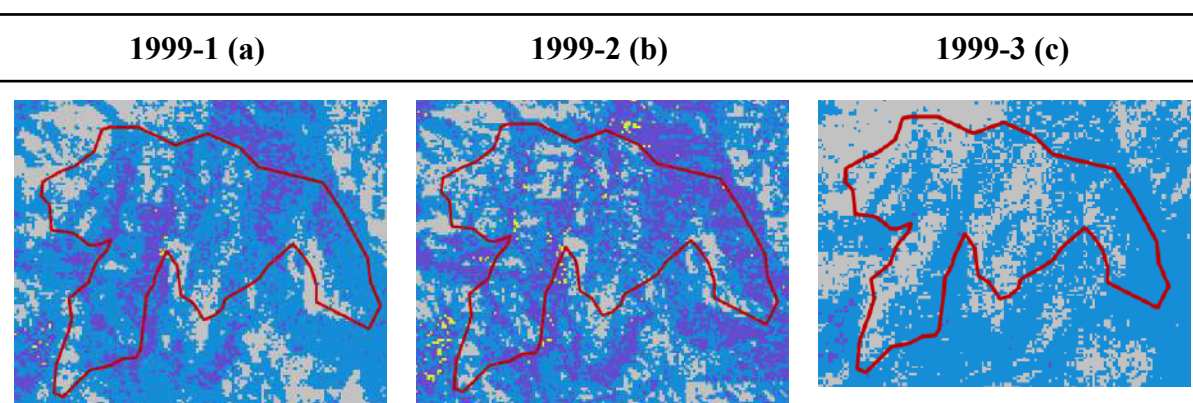
Las Figuras A y B exhiben imágenes caracterizadas por las coloraciones predominantes del plomo, celeste y violeta, la coloración plomo nos permite identificar muchas más áreas con baja actividad fotosintética desprovistos de vegetación, cubiertas de rocas, algunas superficies de agua y nubes, estas dos temporadas son similares. No obstante, en la Figura C, se observa coloración amarilla y fucsia ubicadas en la parte sur del polígono que tienen tendencia a ser zonas menos áridas y en el rango de clasificación se acercan a zonas con presencia de vegetación pobre, asimismo el color verde muestra una variedad del inicio de vegetación dispersa pero aún con poca actividad fotosintética, evidenciada por valores de manera radial en su distribución inferiores a 0.35 en la clasificación por rangos.



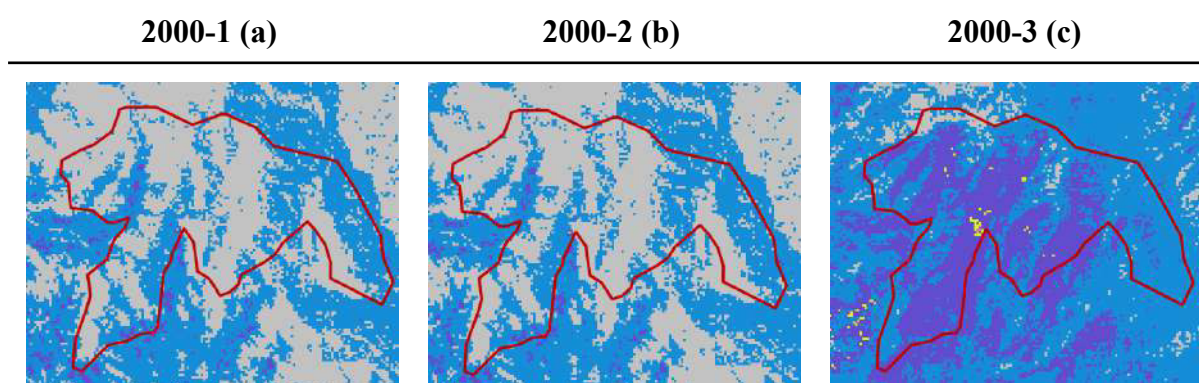
La Figura A presenta coloraciones plomo y celeste, los cuales indican que son suelos desérticos cubiertos de rocas, asimismo, la Figura B, muestra además de los colores plomo y celeste, el color violeta es un suelo desprovisto de vegetación con baja actividad fotosintética. No obstante, en la Figura C se evidencian suelos en el rango de 0 a 0.1, los cuales son suelos con áreas cubiertas de rocas.



Las Figuras A presenta coloraciones desde el rango de suelos sin vegetación cubiertos de rocas hasta suelos con vegetación escasa, las cuales se evidencian por el NDVI, asimismo, en la Figura B, se observa la misma caracterización que la Figura A, con mucha más área de vegetación en la delimitación de las lomas. En la Figura C, se observa coloración adicionalmente amarilla y fucsia ubicadas en la parte sur del polígono que tienen tendencia a ser zonas menos áridas y en el rango de clasificación se acercan a zonas con presencia de vegetación pobre, asimismo el color verde muestra una variedad del inicio de vegetación dispersa pero aún con poca actividad fotosintética.



Las Figuras A y B exhiben imágenes caracterizadas por las coloraciones predominantes del plomo, celeste y violeta, la coloración plomo nos permite identificar muchas más áreas con baja actividad fotosintética desprovistos de vegetación, cubiertas de rocas, algunas superficies de agua y nubes, estas dos temporadas son similares. No obstante, en la Figura C se evidencia una marcada tendencia de suelos con coloración plomo y celeste con más características desérticas, mucho mayor a la temporada anterior.

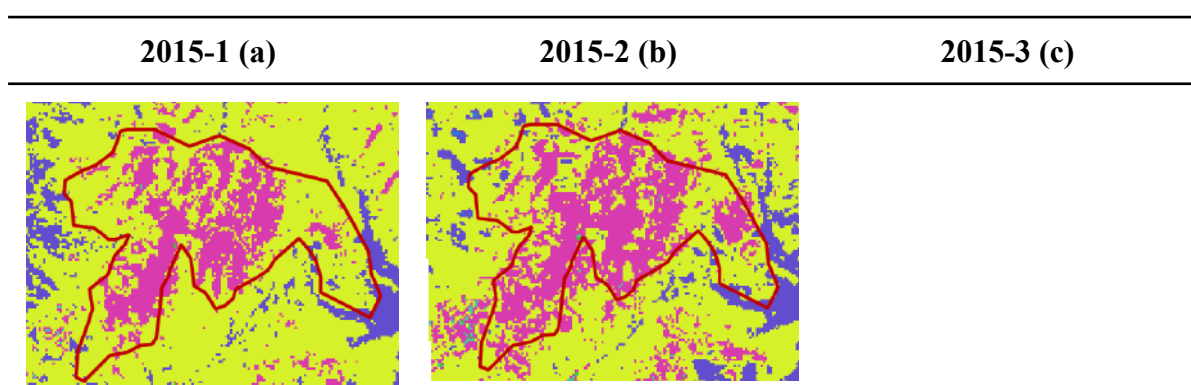


La Figura A presenta coloraciones plomo y celeste, los cuales indican que son suelos desérticos cubiertos de rocas, asimismo, la Figura B, muestra además de los colores plomo y celeste, el color violeta es un suelo desprovisto de vegetación con baja actividad fotosintética. No obstante, en la Figura C se evidencian suelos en el rango de 0 a 0.1, los cuales son suelos con áreas cubiertas de rocas.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 22.

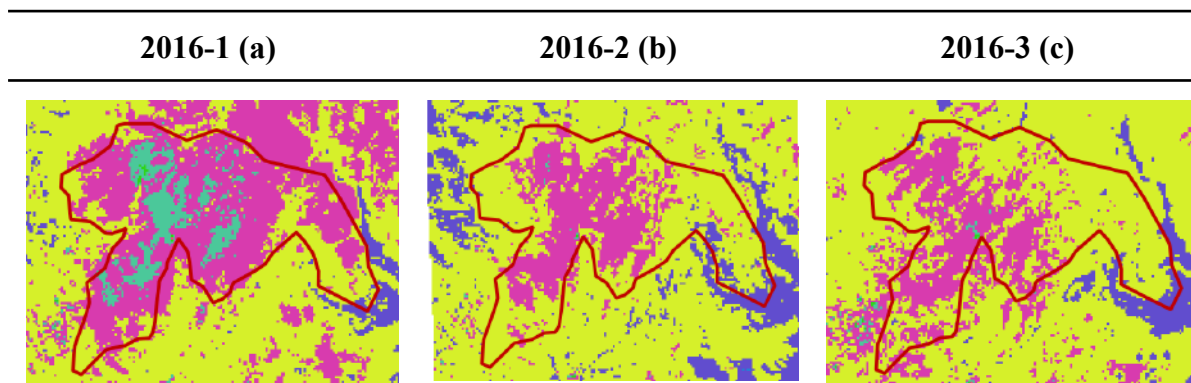
Imágenes Landsat 8, periodo 2015 al 2019



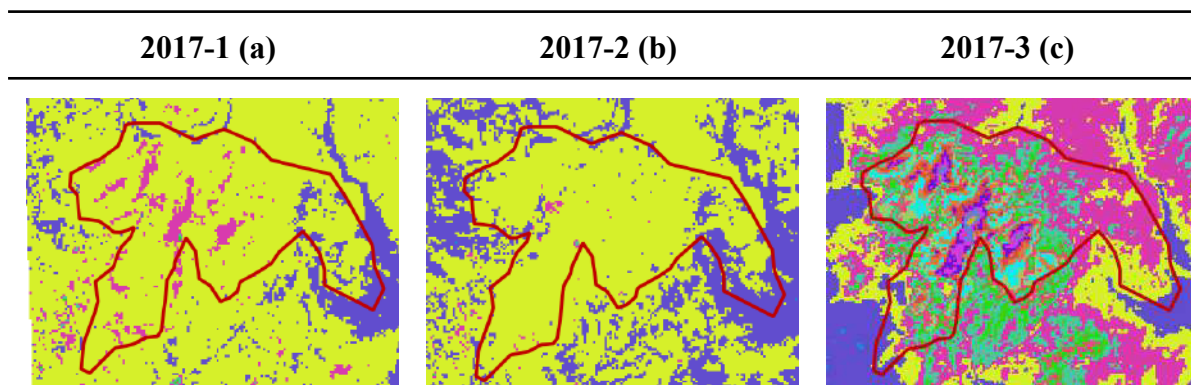
En la Figura A predomina el amarillo y el fucsia, características de zonas áridas con suelos desnudos con baja actividad fotosintética, además se conserva sólo pequeñas áreas con vegetación activa de color verde y una costra vegetal que se distribuye en gran parte del polígono definida por el color fucsia. Además, la Figura B continúa con la misma

estructura que la Figura A, no obstante, se evidencia mayores áreas de color fucsia representando la costra vegetal.

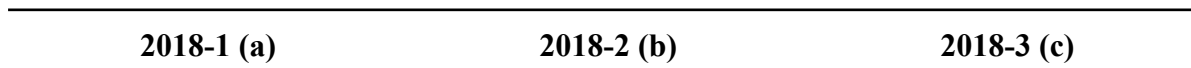
Para la temporada 3, no se dispone de imágenes debido a la nubosidad que prevalece durante los meses de septiembre a diciembre.

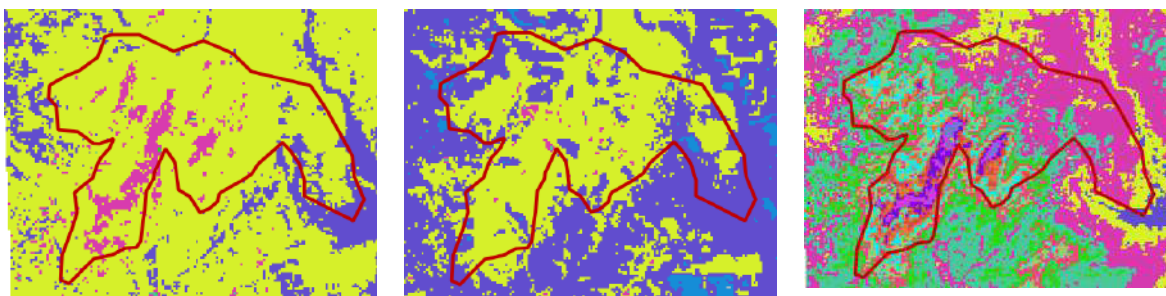


En la Figura A se muestran suelos casi desnudos la predominancia de colores son los colores fucsia, amarillo y verde, esta última relacionándose con la vegetación activa, la cual también se observa en la Figura B y C con una diminuta dimensión en cuanto a las áreas verdes.

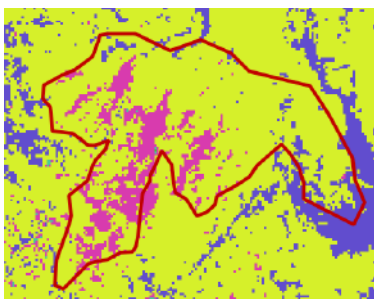


En la Figura A la coloración que más predomina es el amarillo es un indicador de suelos desprovistos de vegetación, asimismo, se observa la coloración en pequeñas áreas identificando las costas de vegetación. En la Figura C, sin embargo, se puede notar una representación detallada que muestra una variedad de tonos de vegetación media, con valores que indican actividad fotosintética, acompañada de una mayor extensión de suelos cubiertos por vegetación. También se observa que la vegetación se extiende más allá del polígono oficial declarado por el SERNANP, y el color gris ya no aparece en las figuras.





En la Figura A la coloración que más predomina es el fucsia y el amarillo dentro del polígono esto es un indicador de suelos cercanas a una vegetación activa pero la coloración fucsia nos permite identificar una pequeña costra de vegetación, también se observa en la Figura B áreas de coloración violeta, amarillo y pequeñas áreas fucsias evidenciando suelos sin vegetación cubierto de rocas. No obstante, en la Figura C se observa una caracterización de vegetación con múltiples tonalidades que indican niveles de actividad fotosintética, acompañada de una mayor extensión de suelos con vegetación. Además, se aprecia que la vegetación se extiende más allá del polígono oficial declarado por el SERNANP, mientras que las áreas en tonos de gris ya no se muestran en la figura

2019-1 (a)	2019-2 (b)	2019-3 (c)
		

En la Figura se evidencia amarilla en mayor predominancia y en pequeñas proporciones color fucsia, el color amarillo siendo áreas de suelos desérticos cubiertos de rocas, mientras que las áreas fucsias siendo un indicador de costras de vegetación. Asimismo, no se tiene imágenes de las temporadas 2 y 3, debido a la nubosidad en dichos meses los cuales no permiten una visualización del suelo.

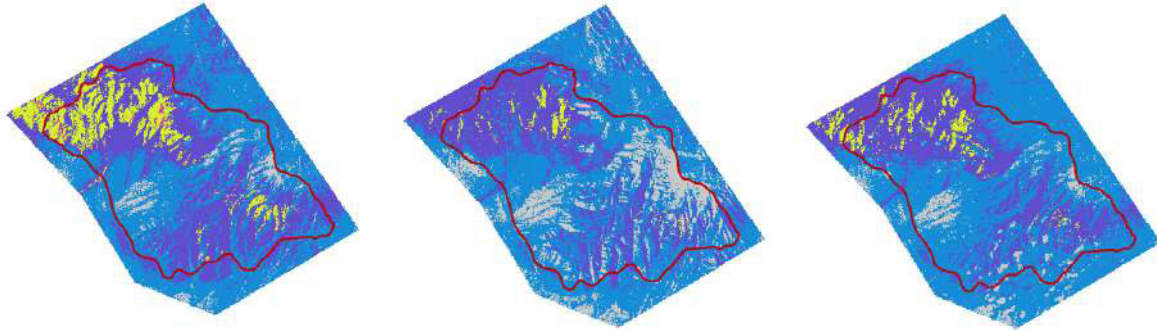
Fuente. Elaboración propia.

5.1.1.3. Loma Tacahuay

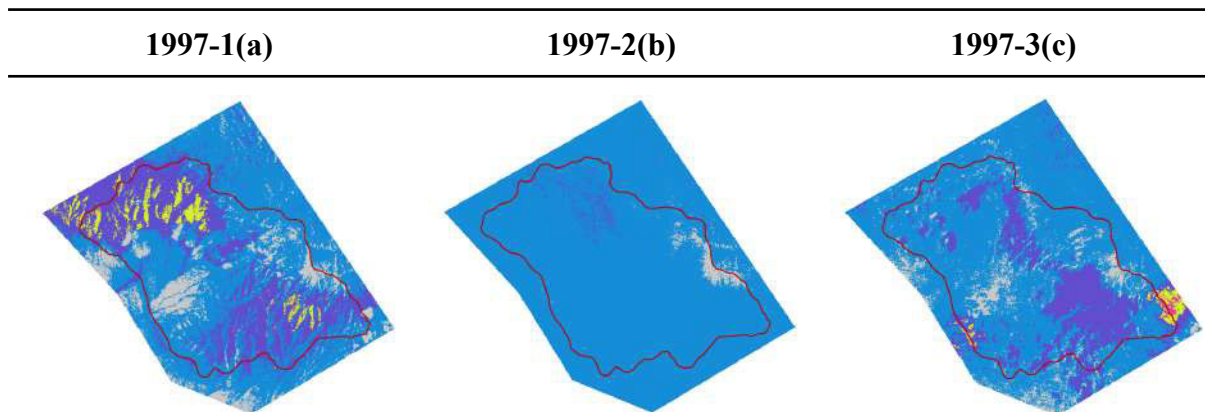
Tabla 23.

Imágenes Landsat 5, periodo 1996 al 2000

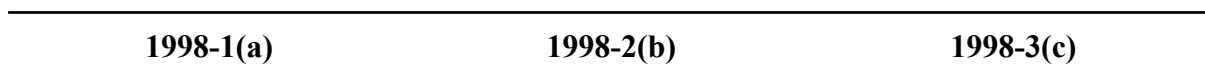
1996-1 (a)	1996-2 (b)	1996-3 (c)
------------	------------	------------

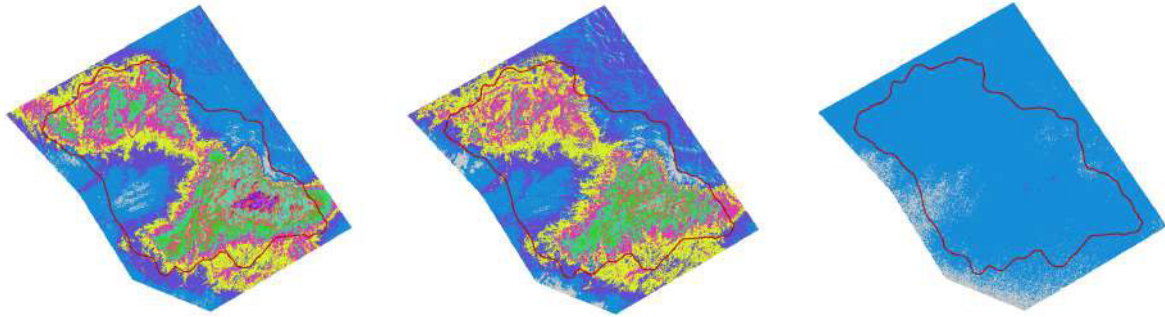


Las Figuras A, B y C el color predominante es el celeste y azul que indica áreas con superficies arenosas con rocas y exhiben suelos caracterizados como desprovistos de vegetación, además el color plomo corresponde a áreas con nubes, sin embargo, en la Figura A hay presencia del color amarillo en el Norte del polígono con pequeñas áreas de color fucsia, muestra de costras de vegetación, mientras en las demás figuras la actividad fotosintética es baja y es más predominantes con áreas similares.



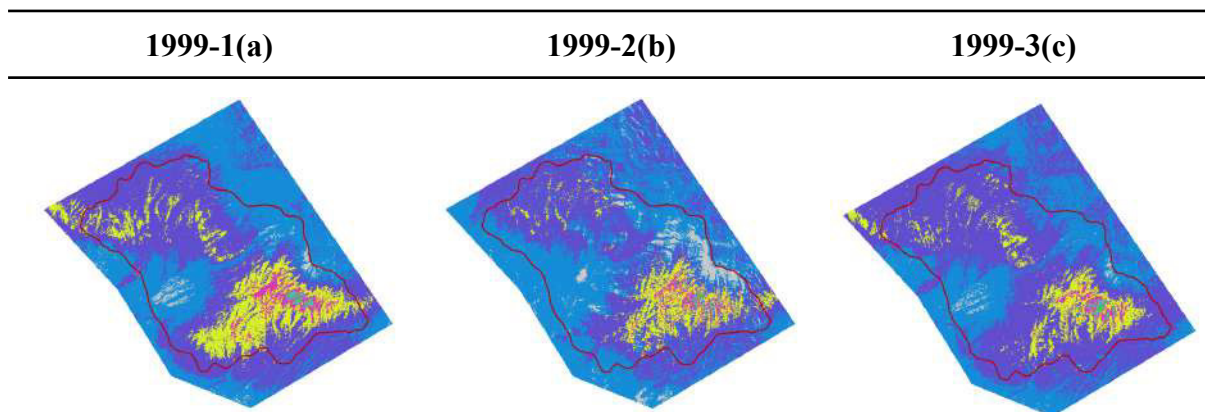
Las Figuras A, hay presencia del color amarillo en el Norte del polígono con pequeñas áreas de color fucsia, muestra de costras de vegetación, mientras en las Figuras B y C esta mínima existencia desaparece la actividad fotosintética es baja, el color predominante es el celeste y azul que indica áreas con superficies arenosas con rocas y exhiben suelos caracterizados como desprovistos de vegetación, además el color plomo corresponde a áreas con nubes. Pero en Figura C se muestra otro rastro de costa de vegetación al Sur Este, pero esta se ubica en el exterior del polígono determinado por SERNANP.



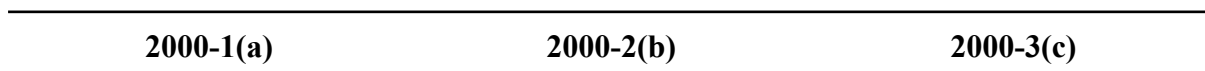


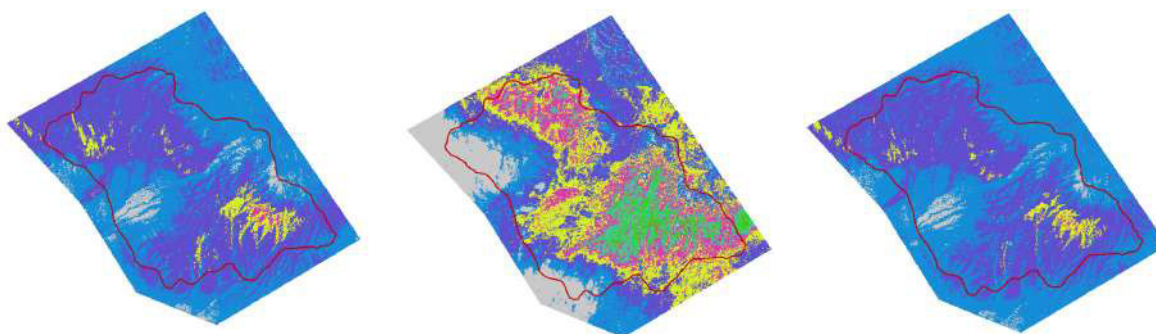
En la Figura A se muestra grandes áreas que se extienden en el polígono, se aprecia una variada paleta de colores que se extienden en el Norte y Sur, desde el color violeta que nos indica una mayor densidad de vegetación se extiende de manera radial con mucha vegetación activa, también se presencia la misma escena en la Figura B, pero con menor presencia al Norte con menor dimensión.

Sin embargo, en la Figura C se nota la caracterización de suelos sin vegetación con solo dos coloraciones la celeste y plomo que corresponden a superficies de nubes impidiendo que se realice una interpretación adecuada.



Las Figuras A, B y C el color predominante es el celeste y azul que indica áreas con superficies arenosas con rocas y exhiben suelos caracterizados como desprovistos de vegetación, además el color plomo corresponde a áreas con nubes, sin embargo se logra visualizar que existe una disminución secuencial en las figuras y hay presencia del color verde en el Sur de los polígonos con pequeñas áreas, además del color fucsia que muestra de costras de vegetación, mientras que en las figuras la actividad fotosintética es baja y es más predominantes con áreas similares.



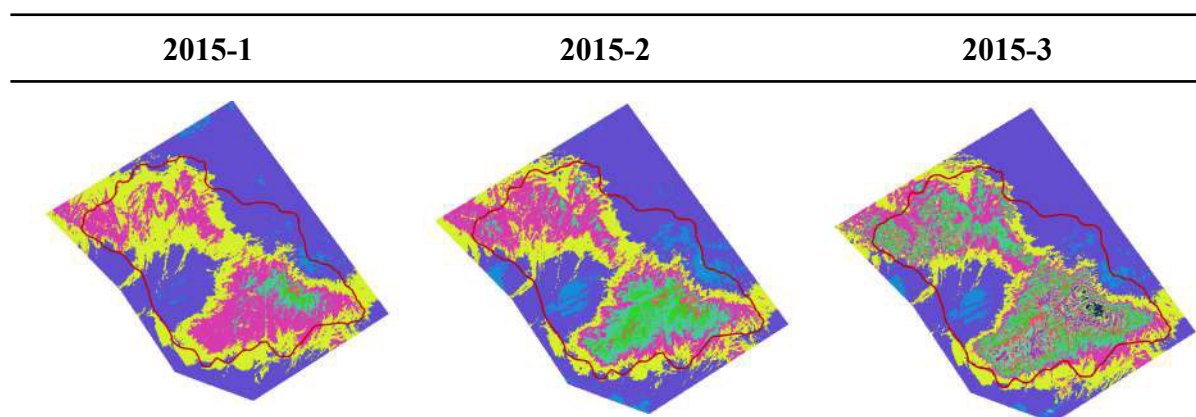


Las Figuras A el color predominante es el celeste y azul que indica áreas con superficies arenosas con rocas y exhiben suelos caracterizados como desprovistos de vegetación, además el color plomo corresponde a áreas con nubes, con pequeñas áreas del color fucsia que muestra de costras de vegetación y los valores son inferiores a 0.2. Por otro lado, la Figura B se muestra grandes áreas que se extienden en el polígono, se aprecia una variada paleta de colores principalmente al Sur, desde el color violeta que nos indica una mayor densidad de vegetación se extiende de manera radial con mucha vegetación activa y exhibe la presencia de la loma. Además, la Figura C muestra la similitud con la Figura A, pero con una menor área en la costra vegetal representada por el color fucsia y considerablemente diferencial con la figura anterior porque se muestra la ausencia de la loma casi en su totalidad.

Fuente. Elaboración propia.

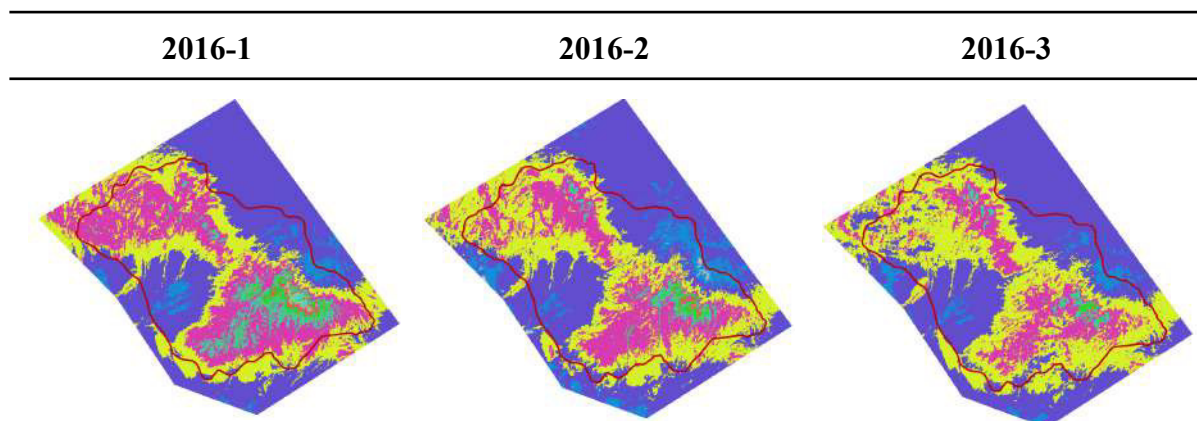
Tabla 24.

Imágenes Landsat 8, periodo 2015 al 2019

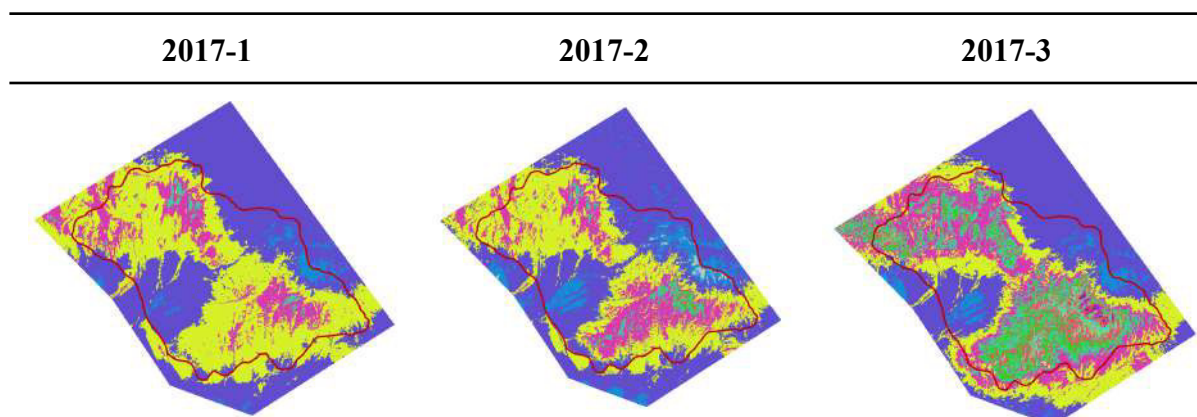


En la Figura A se muestra grandes áreas que se extienden en el polígono, se aprecia una variada paleta de colores que se extienden en el Norte y Sur, desde el color violeta que nos indica una mayor densidad de vegetación se extiende de manera radial con mucha vegetación activa, también se presencia la misma escena en la Figura B, pero con menor presencia al Norte con menor dimensión.

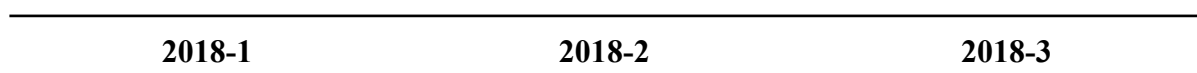
No obstante, la caracterización de suelos sin vegetación en la Figura C presenta limitaciones, ya que solo se observan dos colores: celeste y plomo, que corresponden a áreas cubiertas por nubes. Esto dificulta una interpretación precisa de la figura.

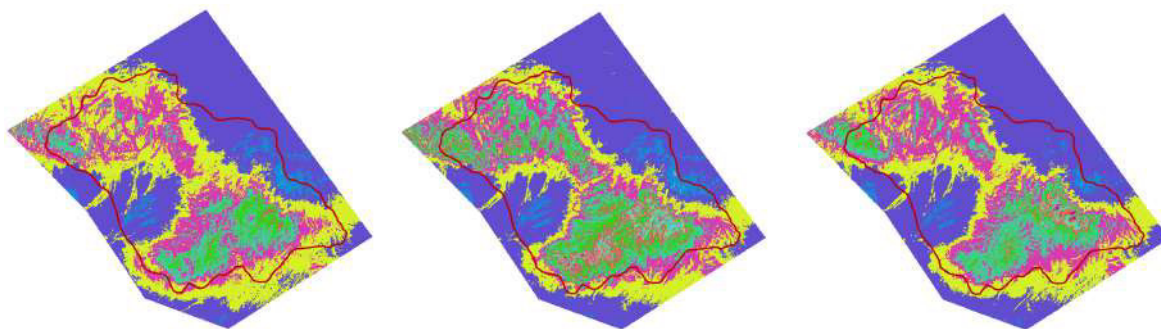


Las Figuras A presenta coloraciones desde el rango de suelos sin vegetación cubiertos de rocas hasta suelos con vegetación escasa, las cuales se evidencian por el NDVI, asimismo, en la Figura B, se observa la misma caracterización que la Figura A, con mucha más área de vegetación en la delimitación de las lomas. En la Figura C, se observa una mayor tendencia de zonas áridas con vegetación pobre.

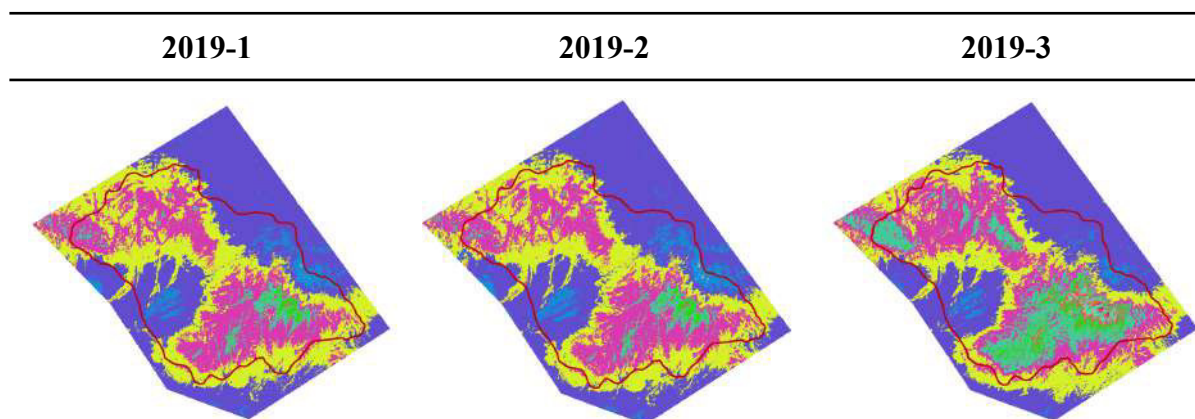


En la Figura A la coloración que más predomina es el fucsia y el amarillo dentro del polígono esto es un indicador de suelos cercanas a una vegetación activa pero la coloración fucsia nos permite identificar una pequeña costra de vegetación, también se observa en la Figura B con dimensiones inferiores pero similares a excepción que en esta figura al Norte hay una pequeña área de coloración verde que corresponde a vegetación dispersa. No obstante, en la Figura C se aprecia una variedad de colores que representan la vegetación media con valores indicativos de actividad fotosintética, junto con una extensión mayor de suelos cubiertos de vegetación. Además, se destaca que la vegetación se extiende más allá del polígono oficial declarado por el SERNANP, y el color gris ya no está presente en las figuras.





En la Figura A se muestra grandes áreas que se extienden en el polígono, se aprecia una variada paleta de colores que se extienden en el Norte y Sur, desde el color violeta que nos indica una mayor densidad de vegetación se extiende de manera radial con mucha vegetación activa, también se presencia la misma escena en la Figura B, pero con mayor presencia de cobertura vegetal. Sin embargo, en la Figura C se evidencia la disminución de vegetación, teniendo una imagen similar a la Figura A.



En la Figura A y B se muestra grandes áreas que se extienden en el polígono, se aprecia una variada paleta de colores que se extienden en el Sur, desde el color violeta que nos indica una mayor densidad de vegetación se extiende de manera radial con mucha vegetación activa. Sin embargo, en la Figura C se evidencia el incremento de la vegetación.

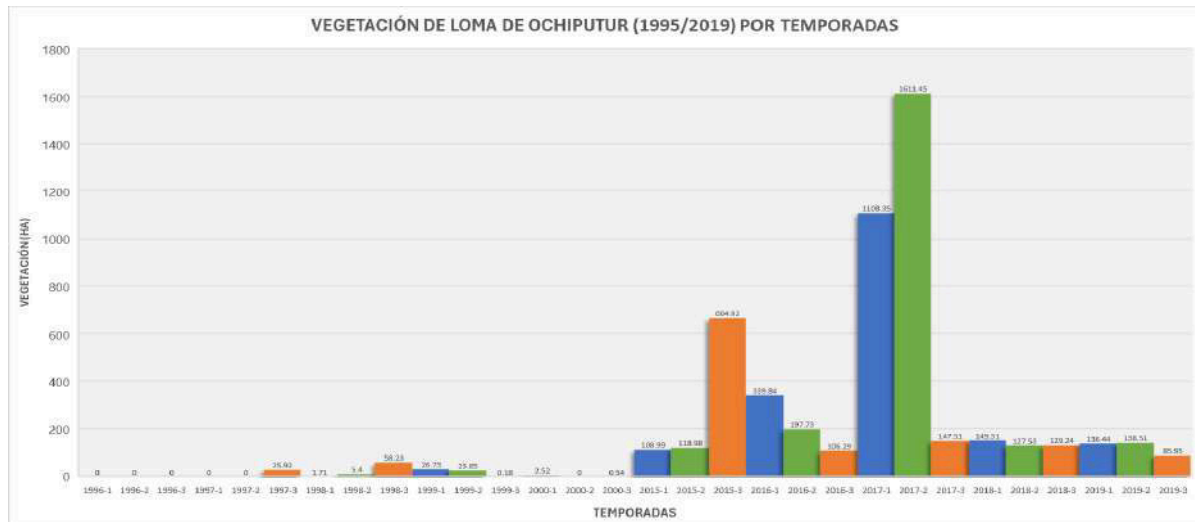
Fuente. Elaboración propia.

5.1.1.4. Comparativo de la cuantificación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Las Figuras 14, 15 y 16 muestran gráficos de barras que simplifican la vegetación por temporadas, con colores específicos como azul para el primer cuatrimestre, verde para el segundo y naranja para el tercero, representados en los años 1996, 1997, 1998, 1999 y en los años 2000, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019. Además, se incluye un gráfico general que compara las temporadas en todos los años.

Figura 17.

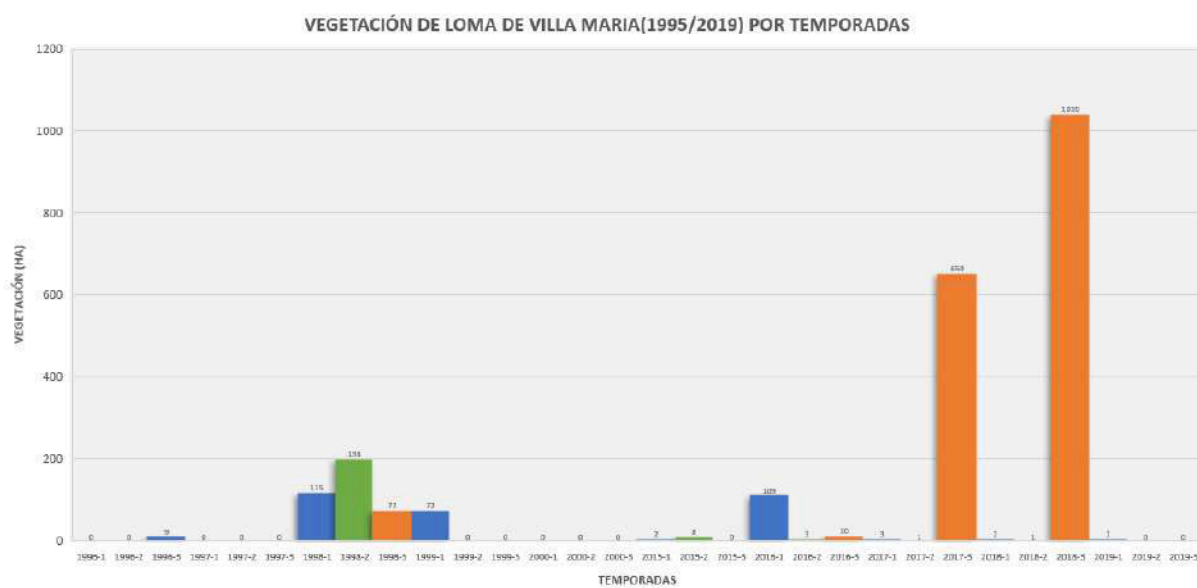
Gráfico de comparación de la vegetación en la loma de Ochiputur.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 18.

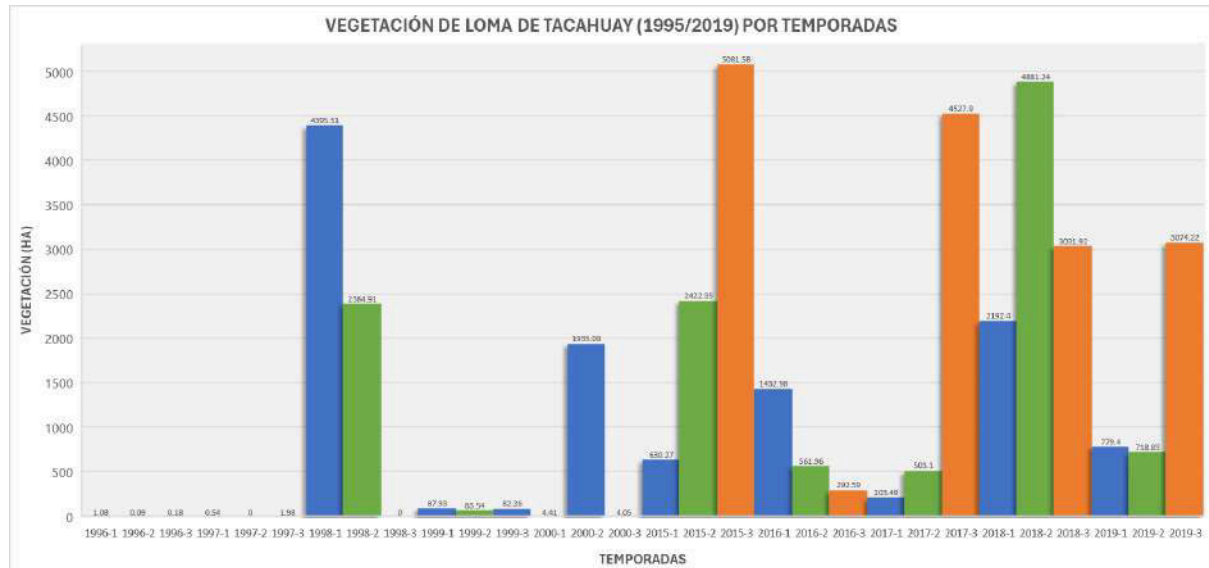
Gráfico de comparación de la cobertura vegetal en la loma de Villa María.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 19.

Gráfico comparativo de la cobertura vegetal en la loma de Tacahuay.



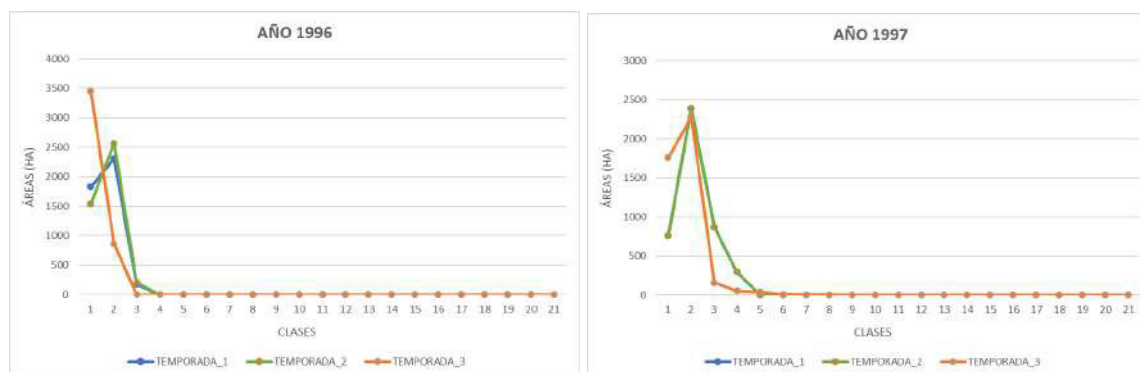
Fuente. Elaboración propia.

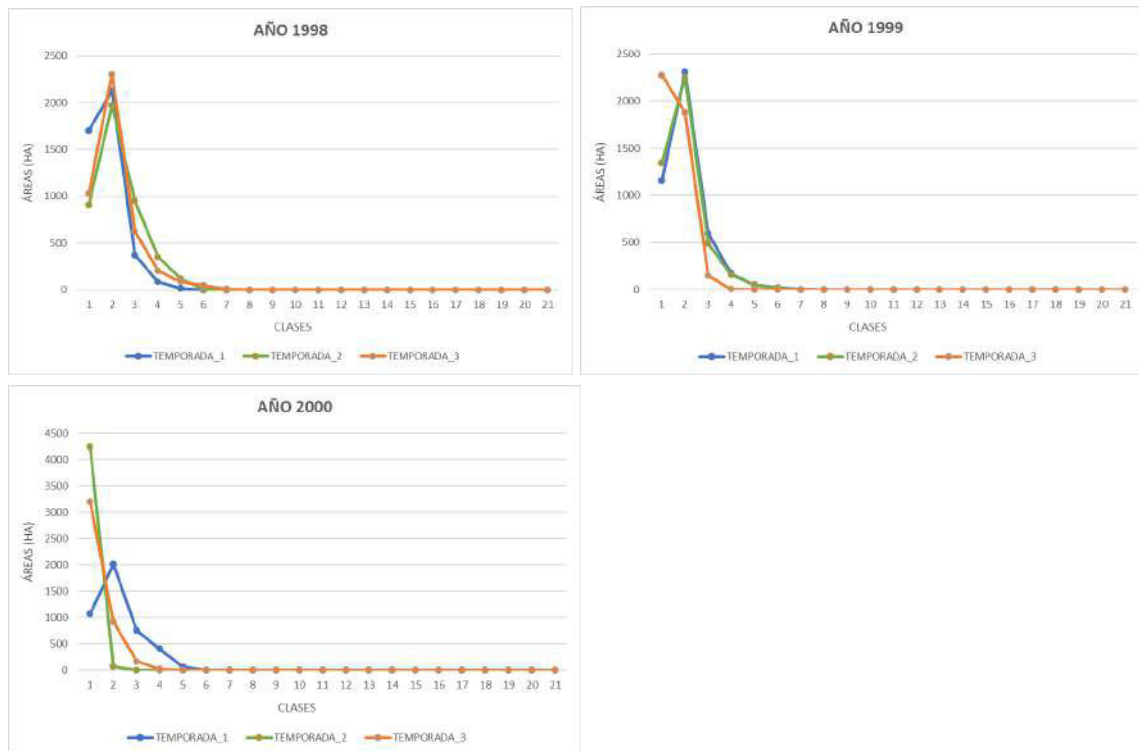
5.1.1.5. Gráficos de tendencia lineal desde el año 1996 al 2019 por rangos de clasificación

Las Figuras 20, 21 y 22 exhiben las 21 reclasificaciones que muestran la caracterización de suelos con y sin vegetación en el eje X, mientras que en el eje Y se representa la suma de hectáreas para cada clasificación en relación con las tres temporadas.

Figura 20.

La cuantificación de los intervalos de reclasificación desde 1996 hasta 2000 en las Lomas de Ochiputur.



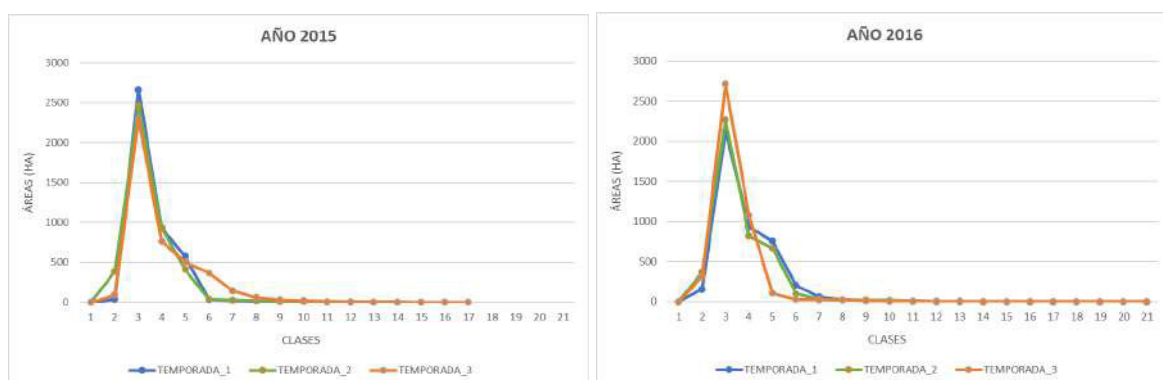


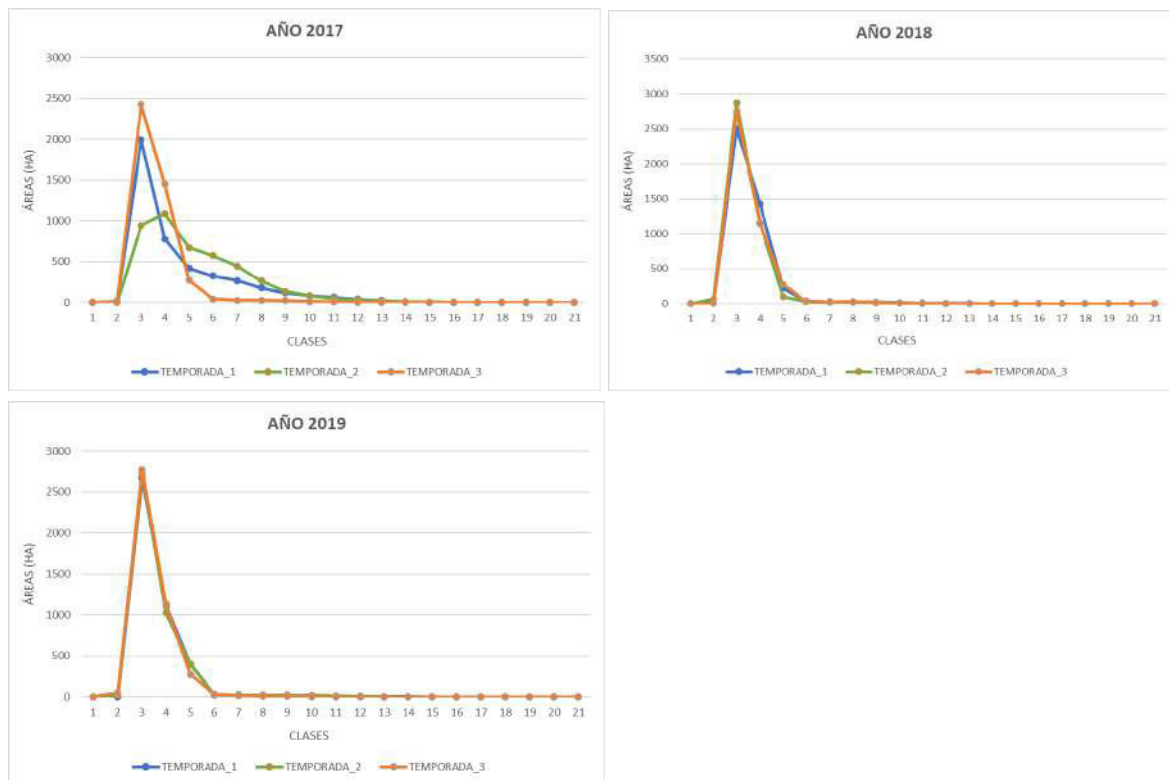
Fuente. Elaboración propia.

En los años 1998 y 1999, se nota una predominancia de suelos con poca vegetación, aunque la tendencia general indica suelos sin vegetación. Es importante resaltar la presencia del fenómeno de El Niño en 1998 como un posible factor que podría estar afectando estos patrones observados.

Figura 21.

Cuantificación de los rangos de reclasificación de 2015 al 2019 de las Loma de Ochiputur.



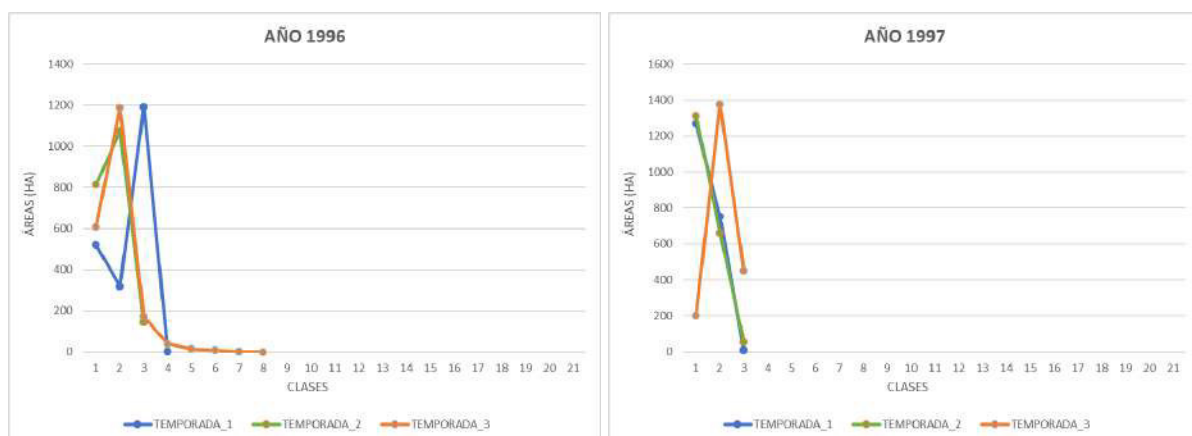


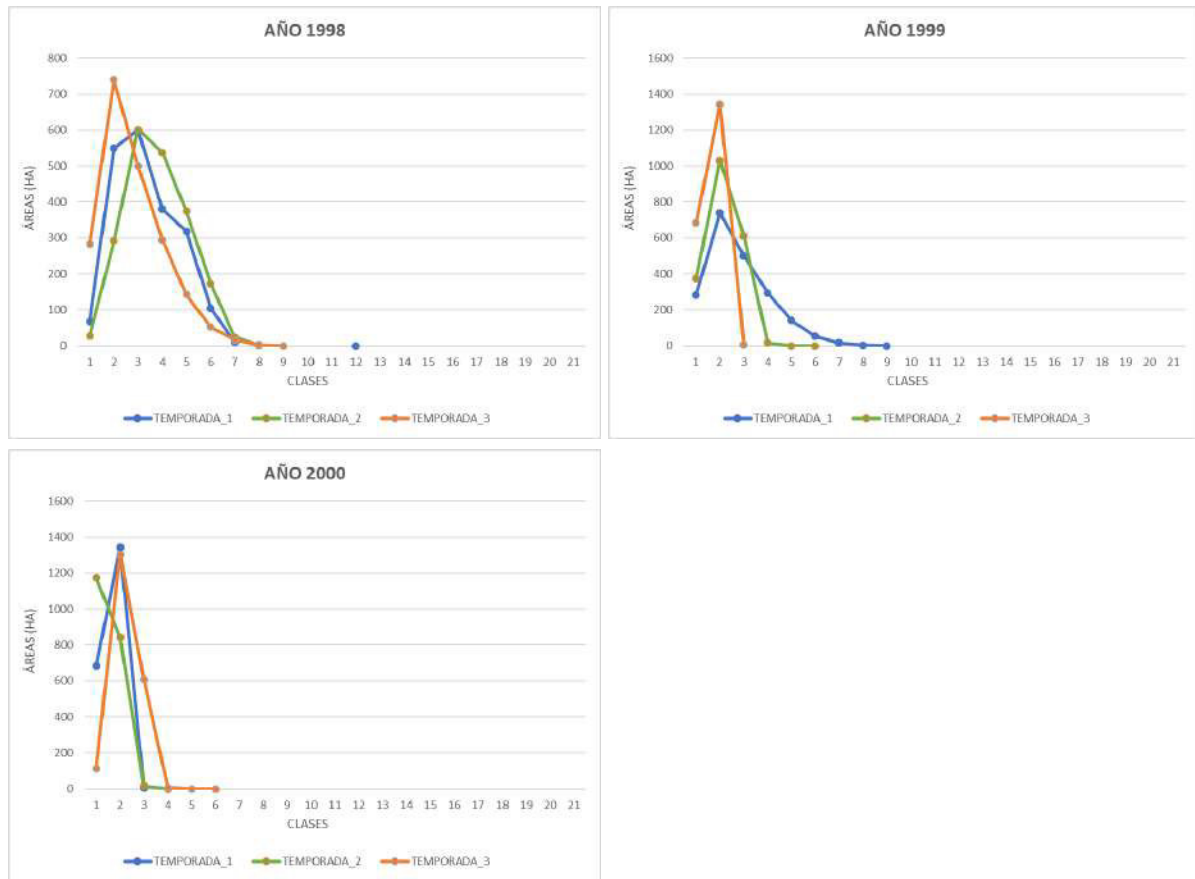
Fuente. Elaboración propia.

En el periodo de los años 2015 y 2016, se nota una predominancia de suelos con escasa vegetación en las temporadas 3 y 1 respectivamente, a pesar de que en los años 2015, 2016, 2018 y 2019 la tendencia general indica suelos sin vegetación. No obstante, en el 2017 se registra una presencia de vegetación media con áreas significativas. Es importante resaltar la incidencia del fenómeno El Niño en el año 2017 como un posible factor que podría estar influenciando en estos patrones observados.

Figura 22.

Cuantificación de los rangos de reclasificación de 1996 al 2000 de las Loma de Villa María.



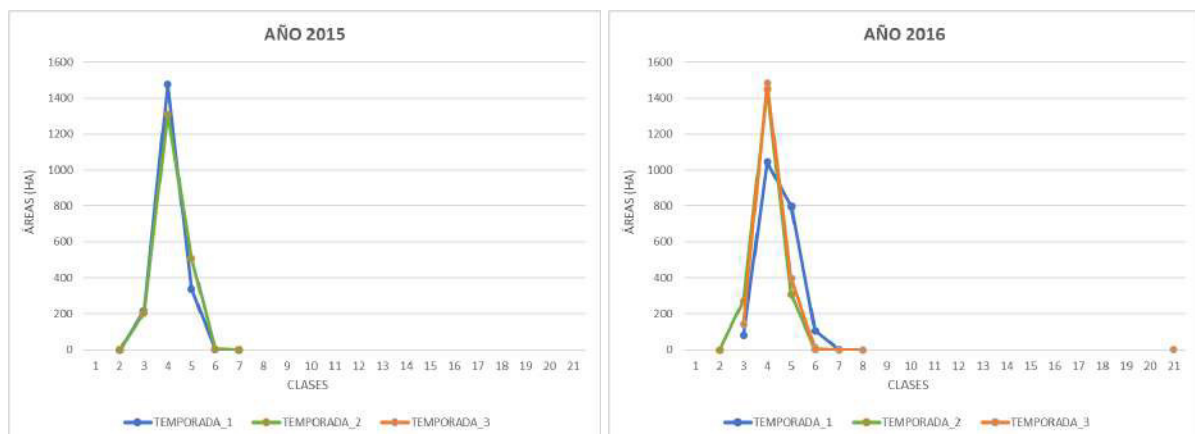


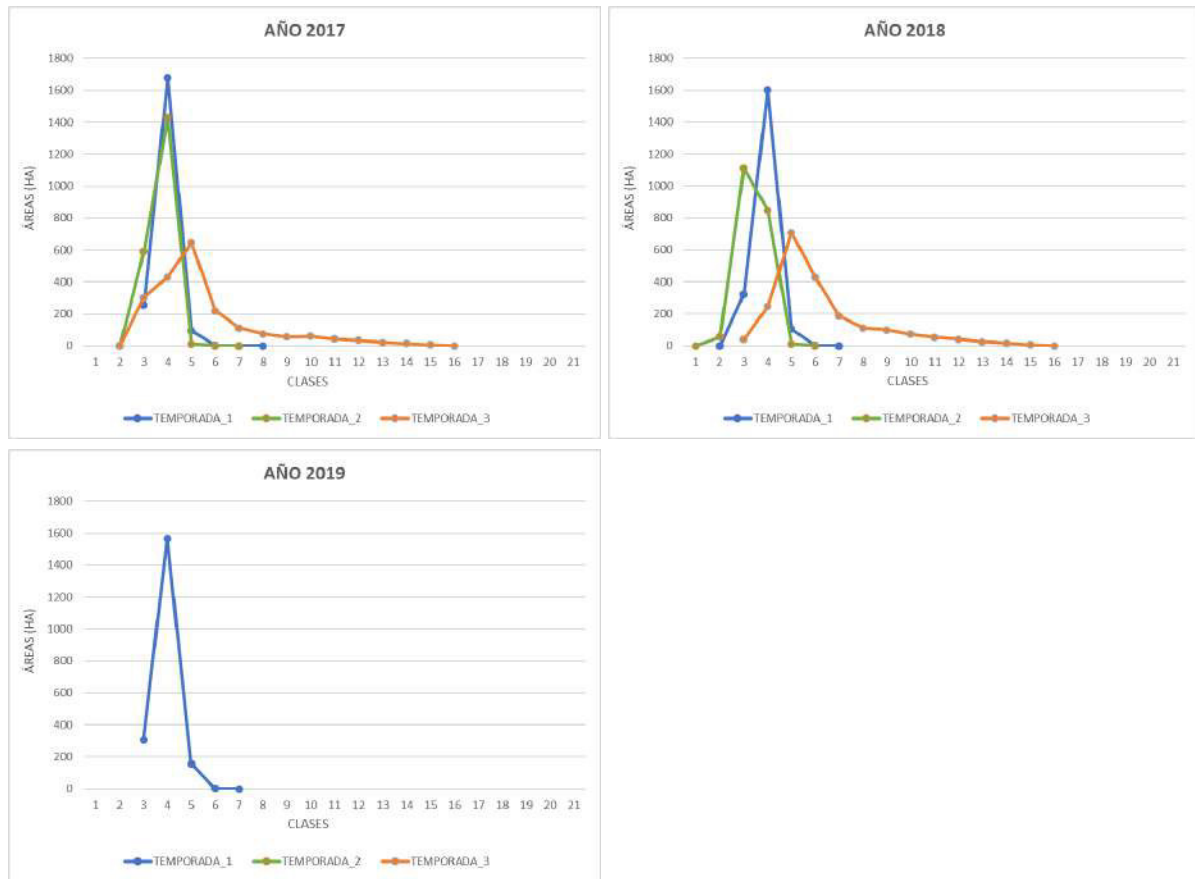
Fuente. Elaboración propia.

En el año 1998, se detecta vegetación en contraste con la tendencia general de los otros años, donde predomina la ausencia de vegetación en los suelos. Resulta importante resaltar la incidencia del fenómeno de El Niño en 1998 como un posible factor que podría estar influyendo en estos patrones observados.

Figura 23.

Cuantificación de los rangos de reclasificación de 2015 al 2019 de las Loma de Villa María.



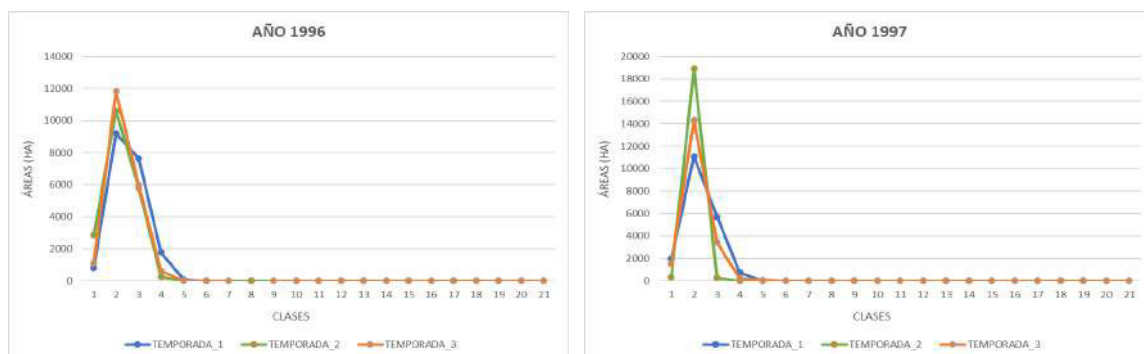


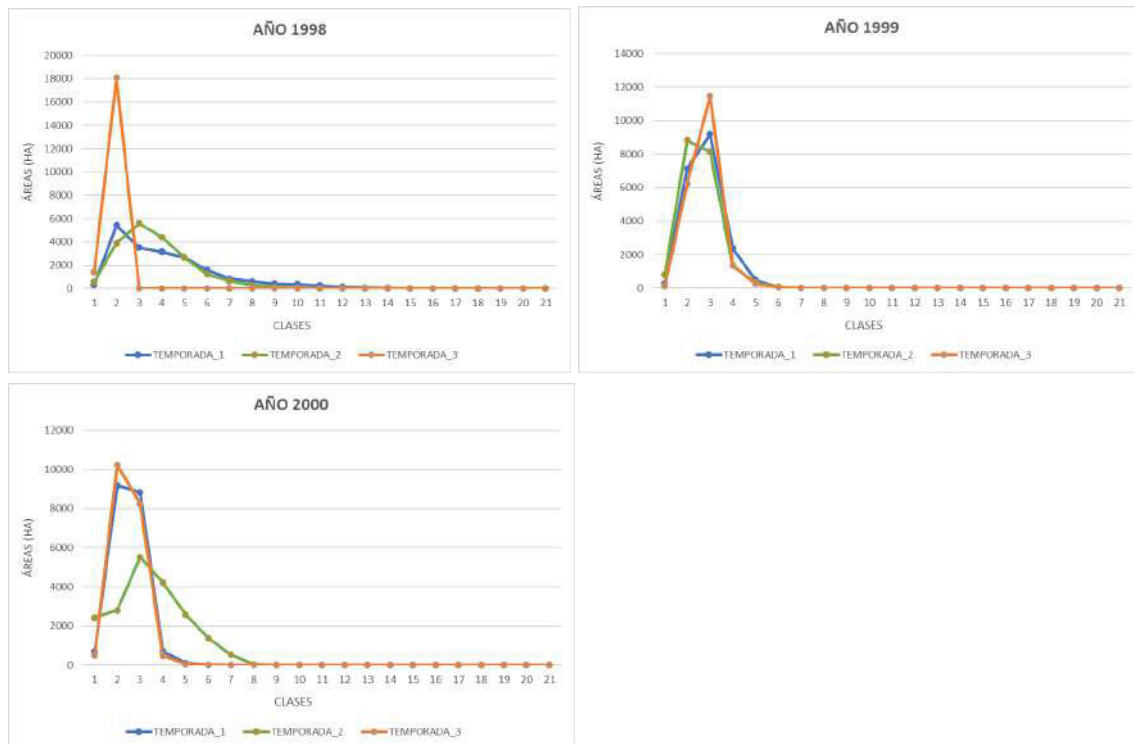
Fuente. Elaboración propia.

En los períodos 2017 y 2018, se nota una prevalencia de suelos con vegetación, en contraste con los otros años en los que predominan los suelos sin vegetación. Resulta relevante señalar la presencia del fenómeno El Niño en 2017 como un posible factor que podría influir en estos patrones observados.

Figura 24.

Cuantificación de los rangos de reclasificación de 1996 al 2000 de las Loma de Tacahuay.



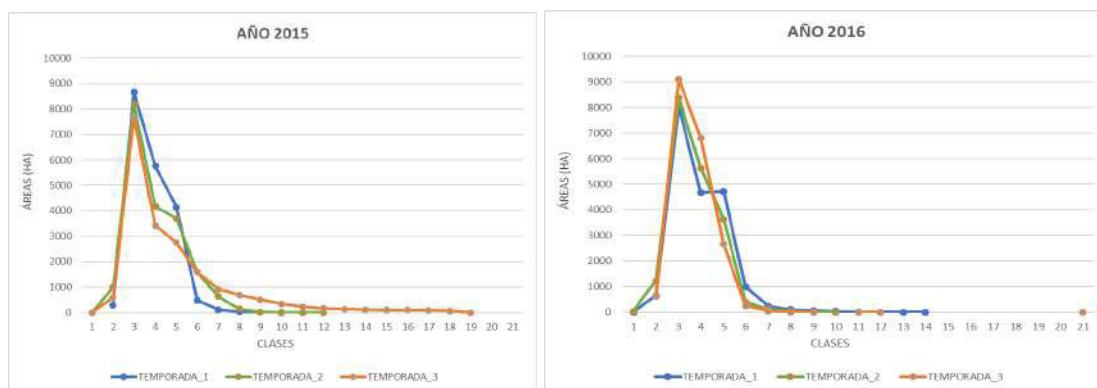


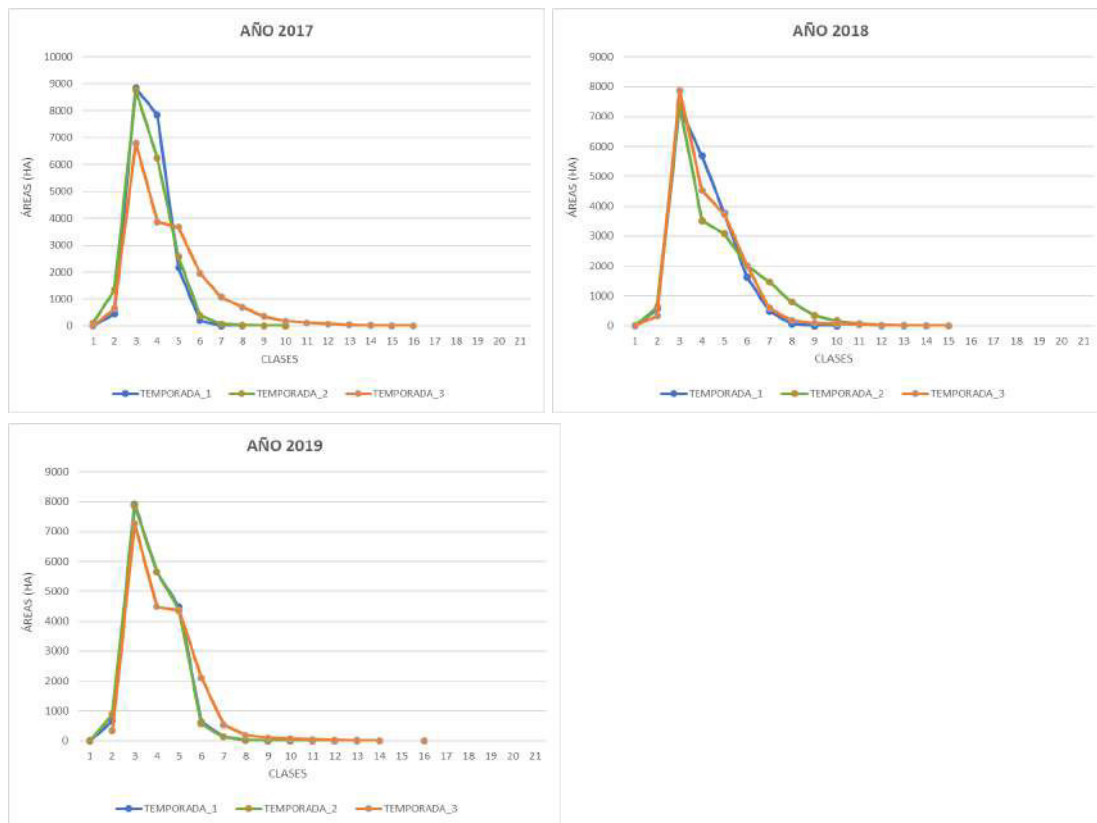
Fuente. Elaboración propia.

Durante el año 1999, prevalece la presencia de suelos con poca vegetación en las tres temporadas, a pesar de que en los años 1996, 1997 y 2000 la tendencia general es que los suelos carezcan de vegetación. Sin embargo, en 1998, durante las temporadas 2 y 3, se observa una presencia notable de vegetación escasa, con áreas significativas y otras con vegetación media mínima. Resulta relevante resaltar la influencia potencial del fenómeno El Niño en 1998 en estos patrones observados.

Figura 25.

Cuantificación de los rangos de reclasificación de 2015 al 2017 de las Loma de Tacahuay.





Fuente. Elaboración propia.

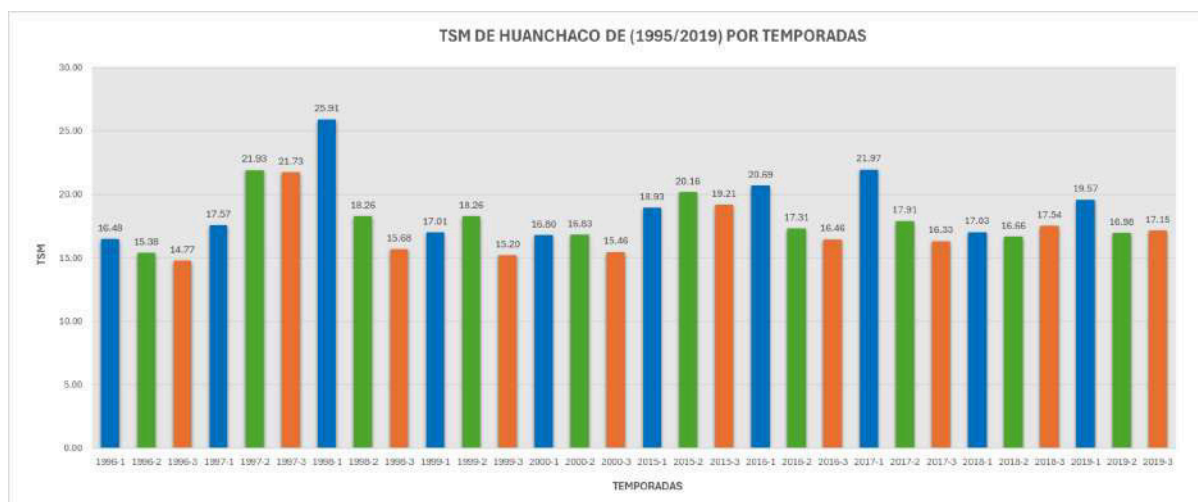
Durante los años 2015 al 2019, se observan poca vegetación, sin embargo, en los años 2015 temporada 3, se observa mayor vegetación, así como en los años 2017 temporada 3 y año 2019 temporadas 1 y 3, respecto a las temporadas de los otros años de estudio. Es importante resaltar la incidencia del fenómeno El Niño en el año 2017 como un factor que probablemente influya en estos patrones observados.

5.1.2. Temperatura Superficial del Mar (TSM)

En las Figuras 26, 27 y 28, se evidencian las TSM desde los años 1996 al 2019 en las tres temporadas. Asimismo, haciendo diferencia a las temporadas por color, la temporada 1 siendo de color azul, temporada 2 color verde y temporada 3 de color anaranjado.

Figura 26.

Temperatura Superficial del Mar desde 1996 al 2019 de la Estación Huanchaco.

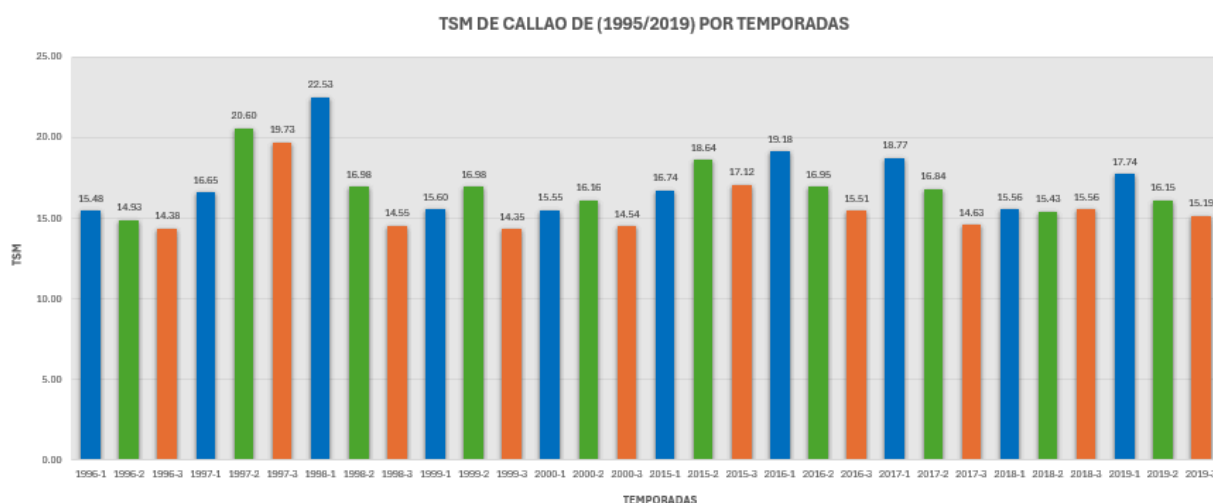


Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 26, se observa la variación de la TSM por cada temporada de los años de estudio, en donde se tiene que en el año 1998 temporada 1, fue un año con una temperatura promedio mayor (25.91°) a comparación de los otros años de estudio. Asimismo, en el año 2017 temporada 1 se registró la segunda temperatura promedio más alta (21.97°) entre los años de estudio. Además, los años 1997, 2015 y temporada 1 de 2016, son las temperaturas más altas consecutivas a las temporadas de los años anteriormente mencionados.

Figura 27.

Temperatura Superficial del Mar desde 1996 al 2019 de la Estación Callao



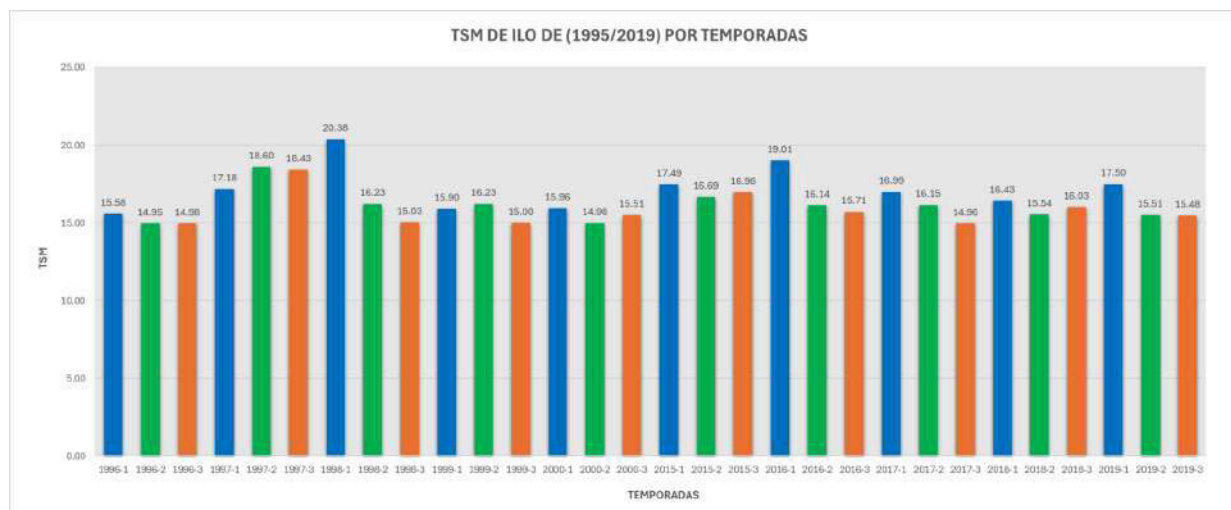
Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 27, se observa la variación de la TSM por cada temporada de los años de estudio, en donde se tiene que en el año 1998 temporada 1, fue un año con una temperatura

promedio mayor (22.53°) a comparación de los otros años de estudio. Asimismo, en el año 2016 temporada 1 se registró la segunda temperatura promedio más alta (19.18°) entre los años de estudio. Asimismo, se observa que durante los años 1997 y 2015 en la temporada 2, así como en los años 2017 y 2019 en la temporada 1, se registraron las temperaturas más altas consecutivas en comparación con los años anteriores mencionados.

Figura 28.

Temperatura Superficial del Mar desde 1996 al 2019 de la Estación Ilo.

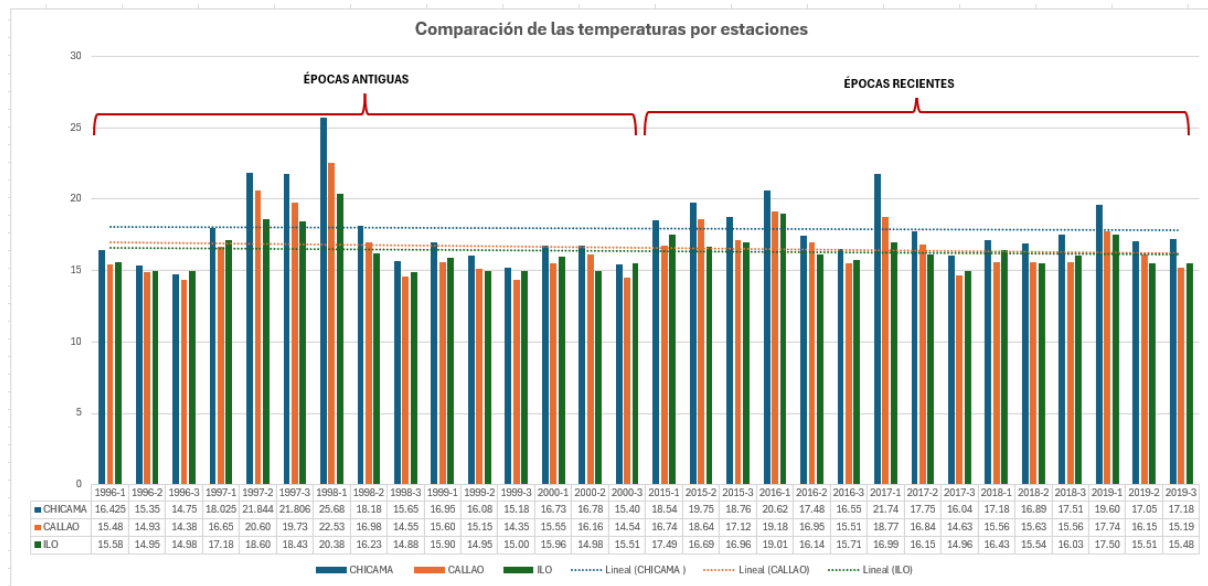


Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 28, se observa la variación de la TSM por cada temporada de los años de estudio, en donde se tiene que en el año 1998 temporada 1, fue un año con una temperatura promedio mayor (20.38°) a comparación de los otros años de estudio. Asimismo, en el año 2016 temporada 1 se registró la segunda temperatura promedio más alta (19.01°) entre los años de estudio. Además, los años 1997, temporada 1 de los años 2015, 2017 y 2019, son las temperaturas más altas consecutivas a las temporadas de los años anteriormente mencionados.

Figura 29.

Comparativo de la Temperatura Superficial del Mar desde 1996 al 2019 por temporadas entre las estaciones.



Fuente. Elaboración propia.

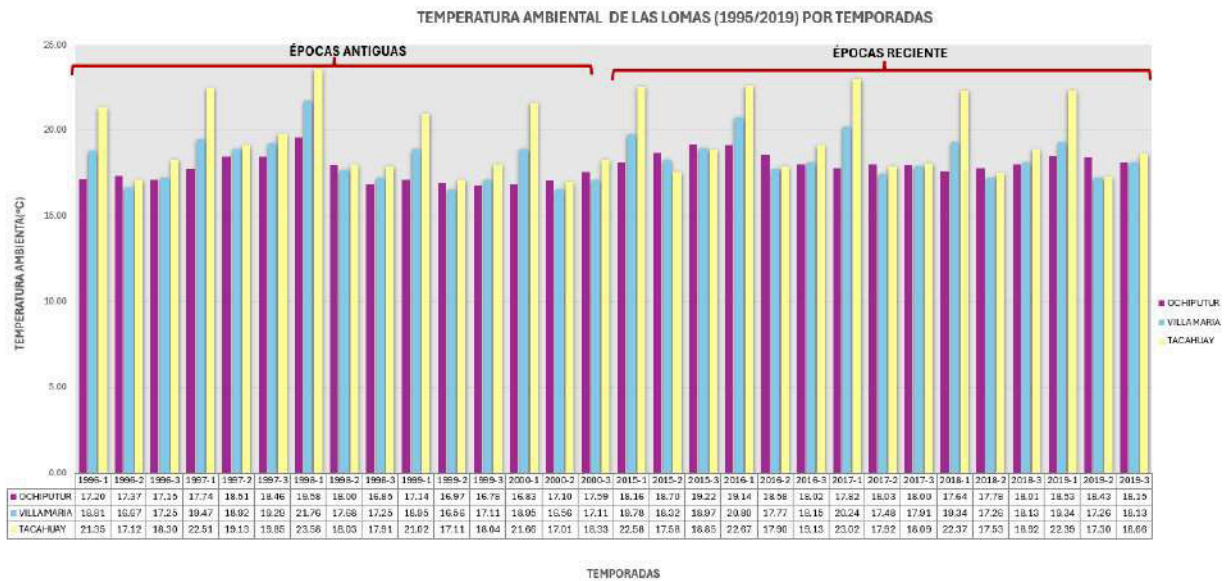
En la figura 29 se observa la distribución de la TSM comparado por cada loma, en donde se evidencia que las TSM más altas fueron en la loma de Ochiputur en todos los años de estudio, asimismo, existe una similitud en la TSM entre las lomas de Villa María y Tacahuay en algunas temporadas de los años de estudio.

5.1.3. Temperatura Ambiental

En la Figura 30 se evidencia las temperaturas ambientales de las tres lomas de estudio desde los años de 1996 al 2019 en las tres temporadas. Asimismo, haciendo diferencia a las lomas por color, la loma Ochiputur siendo de color morado, loma Villa María de color celeste y loma Tacahuay de color amarillo.

Figura 30.

Gráfico de comparación de las temperaturas ambientales de las lomas.



Fuente. Elaboración propia.

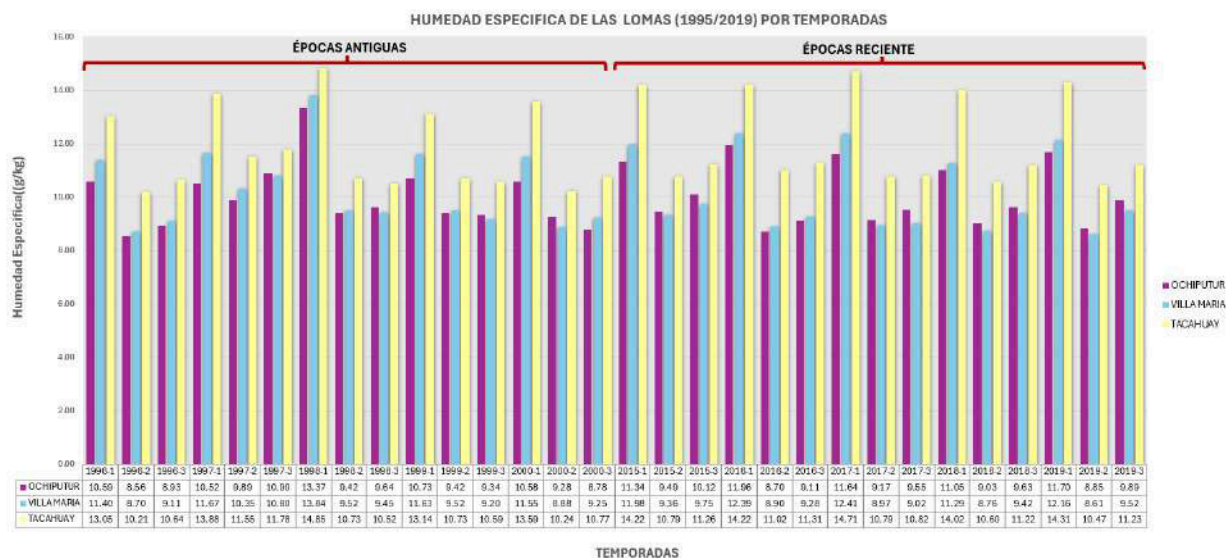
En la Figura 30, se presenta una comparación de las temperaturas ambientales entre las tres lomas. Se observa una diferencia significativa en las temperaturas entre las lomas de Ochiputur, seguida de Villa María y, finalmente, Tacahuay. Sin embargo, durante los períodos de 1998 y 2017 en la temporada 1, se identifican picos de temperatura ambiental, los cuales son visibles en la imagen proporcionada.

5.1.4. Humedad Específica

En la Figura 31 se evidencia humedad específica (g/kg) de las tres lomas de estudio desde los años de 1996 al 2019 en las tres temporadas. Asimismo, haciendo diferencia a las lomas por color, la loma Ochiputur siendo de color morado, loma Villa María de color celeste y loma Tacahuay de color amarillo.

Figura 31.

Gráfico de comparación de las humedades específicas de las lomas.



Fuente. Elaboración propia.

Se evidencia en la Figura 31, la humedad específica de manera lineal en el tiempo, los colores azules nos indican un incremento en las temporadas entre los meses de Enero-Abril, mientras que las demás temporadas las unidades son menores la comparación de la humedad específica en las tres lomas, reflejando la predominancia de humedad específica en la loma de Tacahuay, seguido de la loma de Villa y finalmente de la loma de Ochiputur, su generalidad está en ese orden. Adicional a ello agregar que en la primera temporada (Enero-Abril) hay un aumento significativo a diferencia de las demás temporadas.

5.2. Validación de Hipótesis

5.2.1. Loma Ochiputur

La investigación revela en la loma de Ochiputur, una correlación significativa entre la TSM y la humedad específica. La cercanía al mar con una distancia de aproximadamente 6.72 km y con una orientación al Sur-Oeste, propicia la presencia de masas de aire de procedencia marítima, saturadas en vapor de agua. Esto influye directamente en la humedad específica, ya que la loma actúa como la primera barrera frente a estas masas de aire. Asimismo, la cercanía al Ecuador contribuye a la evaporación más abundante en el mar, lo que puede influir en las temperaturas y la humedad en la región.

A pesar de las correlaciones mencionadas anteriormente, se encuentra una baja correlación directa entre la vegetación y la TSM en la loma de Ochiputur ni en las gráficas de validación de los resultados, pero si se presenta la relación entre la TSM y la humedad

específica, la cual se manifiesta en las lomas. Además, se observa que la temperatura ambiental no ejerce influencia en la humedad, como se aprecia en la Figura 32.

La Tabla 25 exhibe la correlación entre todas las variables. Se destaca que la TSM, guarda una correlación significativa con la humedad específica, la cual es fundamental para la vegetación de la loma. Además, en la Figura 32, las variables más significativas se representan con círculos de mayor tamaño.

Tabla 25.

Datos descriptivos sobre el análisis de correlaciones

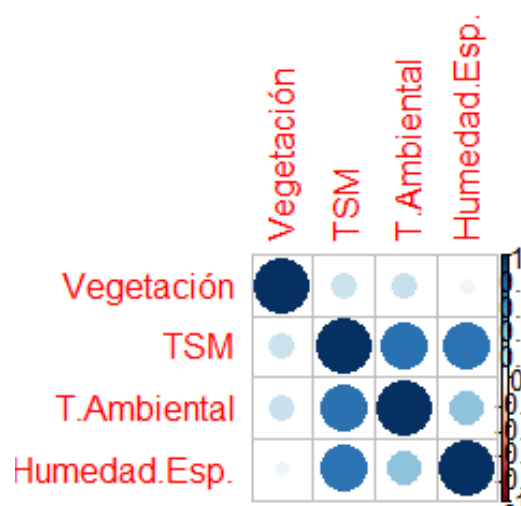
```
> #análisis de correlaciones
> cor_ochipotur<-cor(data[,c(2,3,4,5)])
> cor_ochipotur
```

	Vegetación	TSM	T.Ambiental	Humedad.Esp.
Vegetación	1.00000000	0.2128790	0.2209867	0.06362577
TSM	0.21287905	1.00000000	0.7479053	0.73506145
T.Ambiental	0.22098672	0.7479053	1.00000000	0.40563728
Humedad.Esp.	0.06362577	0.7350614	0.4056373	1.00000000

Fuente. Elaboración propia.

Figura 32.

Relación gráfica entre variables



Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 26 subsiguiente se exponen los datos descriptivos obtenidos mediante la regresión. La presencia de un asterisco (*) indica la significancia de la relación entre la humedad específica y la TSM. Este símbolo se encuentra situado en el intervalo. En cambio,

la humedad específica muestra una relación significativa, como indican los asteriscos (***), que denotan la significancia del coeficiente al nivel de confianza del 99.9%, lo que indica significancia estadística, es decir, un nivel de significancia inferior a 0.05. Esta asociación es coherente, ya que la TSM influye en la humedad presente en las lomas. Además, la temperatura ambiental también puede ser influenciada por otras condiciones atmosféricas variables.

Tabla 26.

Datos descriptivos de modelo de Regresión Lineal Múltiple

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 10.7273620  4.2526920   2.522  0.0181 *
vegetación   -0.0002494  0.0004178  -0.597  0.5557
TSM          0.4546653  0.0869714   5.228 1.84e-05 ***
T.Ambiental -0.4920222  0.2945184  -1.671  0.1068
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

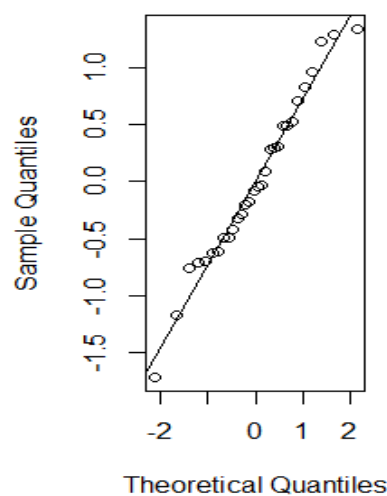
```

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico Q-Q Plot de la Figura 33 compara los cuantiles de una distribución, en donde se revela que los puntos en el gráfico siguen una tendencia lineal recta, es decir los datos se adecúan correctamente a una distribución normal.

Figura 33.

Relación gráfica Normal Q-Q Plot



Fuente. Elaboración propia.

Se realizó un análisis del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) para evaluar la multicolinealidad en un modelo de regresión lineal múltiple. Se encontró que el valor del VIF para la TSM es de 2.281, lo cual se considera aceptable, ya que está por debajo de 5 (Nolasco, 2020). Esto indica que la multicolinealidad no es un problema significativo, cumpliendo con los estándares de resultados aceptables (ver Tabla 27) .

Tabla 27.

Análisis de Multicolinealidad

```
> # Análisis de multicolinealidad
> vif_results <- vif(ml_ochipotur)
> print(round(vif_results,6))
```

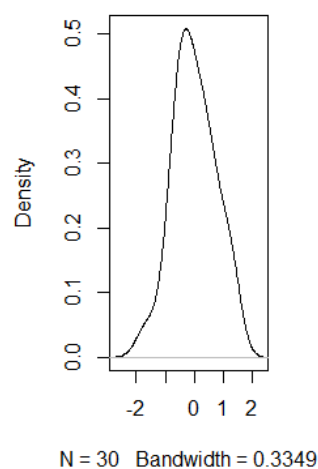
Vegetación	TSM	T.Ambiental
1.057057	2.281775	2.290214

Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 34 se exhibe el análisis de densidad de residuos, el cual evalúa la normalidad de los residuos de un modelo. Se observa un histograma con una distribución normal que muestra una forma de campana simétrica alrededor del cero. Este patrón indica que la mayoría de los residuos se concentran cerca de cero y disminuyen gradualmente hacia los extremos. Por lo tanto, la gráfica sugiere una distribución normal de los residuos, respaldando la validez de los resultados obtenidos.

Figura 34.

Gráfica de Densidad de Residuos



Fuente. Elaboración propia.

5.2.2. Loma Villa María

La investigación revela en la loma de Villa María, una correlación significativa entre la temperatura ambiental y la humedad específica. La cercanía al mar con una distancia de aproximadamente 11.5 km y con una orientación al Sur-Oeste, propicia la presencia de masas de aire de procedencia marítima.

Debido a que cuando nos alejamos del ecuador la temperatura ambiental disminuye, siendo esta variable muy relacionada con las distancias hacia el mar y así la disminución de sus temperaturas vinculado a la latitud. Se evidencia que la variable de vegetación no presenta correlación con la variable de la TSM sino con la temperatura ambiental, ya que experimenta una influencia más directa con las condiciones atmosféricas locales.

La Tabla 28 exhibe la correlación entre todas las variables. Se destaca que la TSM ya no guarda una correlación significativa con la humedad específica, sino más bien con la temperatura ambiental, la cual influye en la vegetación de la loma. Además, en la Figura 35, las variables más significativas se representan con círculos de mayor tamaño.

Tabla 28.

Datos descriptivos sobre el análisis de correlaciones

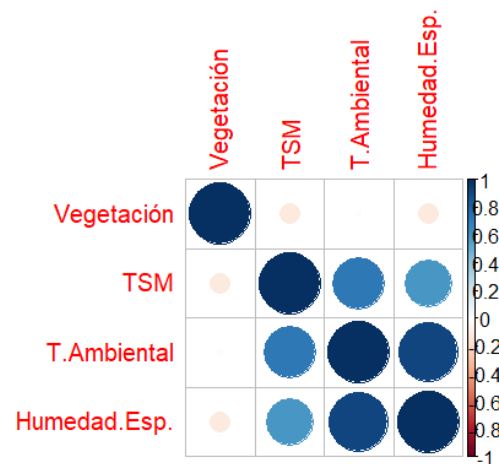
```
> #análisis de correlaciones
> cor_villa<-cor(data[,c(2,3,4,5)])
> cor_villa
```

	Vegetación	TSM	T.Ambiental	Humedad.Esp.
Vegetación	1.00000000	-0.1175965	-0.01003725	-0.1179715
TSM	-0.11759653	1.0000000	0.71847704	0.5813424
T.Ambiental	-0.01003725	0.7184770	1.0000000	0.9150903
Humedad.Esp.	-0.11797155	0.5813424	0.91509031	1.0000000

Fuente. Elaboración propia.

Figura 35.

Relación gráfica entre variables



Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 29 se presenta la regresión lineal múltiple, donde se evidencia que la TSM no explica la variabilidad en la humedad específica. En cambio, la temperatura ambiental muestra una relación significativa, como indican los asteriscos (***), que denotan la significancia del coeficiente al nivel de confianza del 99.9%, esto significa que el coeficiente es menor a 0.05, es decir significativo.

Tabla 29

Modelo de Regresión Lineal Múltiple

Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	-8.9472277	1.5032021	-5.952	2.79e-06	***
Vegetación	-0.0008442	0.0004748	-1.778	0.0871	.
TSM	-0.1342201	0.0751614	-1.786	0.0858	.
T.Ambiental	1.1680551	0.1158342	10.084	1.78e-10	***

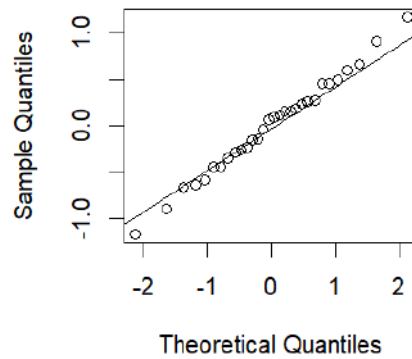
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico Q-Q Plot, la Figura 36 compara los cuantiles de una distribución, en donde se revela que los puntos en el gráfico siguen una tendencia lineal recta, es decir los datos se adecúan correctamente a una distribución normal.

Figura 36.

Relación gráfica Normal Q-Q Plot



Fuente. Elaboración propia.

Se realizó un análisis del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) para evaluar la multicolinealidad en un modelo de regresión lineal múltiple. Se encontró que el valor del VIF para la temperatura ambiental es de 2.09, lo cual se considera aceptable, ya que está por debajo de 5 (Nolasco, 2020). Esto indica que la multicolinealidad no es un problema significativo, cumpliendo con los estándares de resultados aceptables (ver Tabla 30).

Tabla 30.

Análisis de Multicolinealidad

```
> # Análisis de multicolinealidad
> vif_results <- vif(ml_villa)
> print(round(vif_results,6))
```

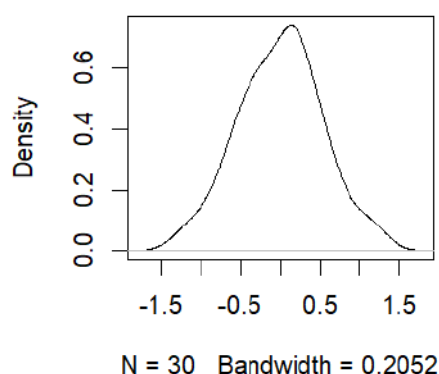
Vegetación	TSM	T.Ambiental
1.025943	2.120420	2.091308

Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 37 se exhibe el análisis de densidad de residuos, el cual evalúa la normalidad de los residuos de un modelo. Se observa un histograma con una distribución normal que muestra una forma de campana simétrica alrededor del cero. Este patrón indica que la mayoría de los residuos se concentran cerca de cero y disminuyen gradualmente hacia los extremos. Por lo tanto, la gráfica sugiere una distribución normal de los residuos, respaldando la validez de los resultados obtenidos.

Figura 37.

Gráfica de Densidad de Residuos



Fuente. Elaboración propia.

5.2.3. Loma Tacahuay

La loma de Tacahuay presenta una relación con la temperatura ambiental significativa mientras que con la TSM no es significativa, siendo esta variable relacionada a la lejanía con el Ecuador. La cercanía al mar con una distancia de aproximadamente 11.6 km y con una orientación al Sur-Oeste, favorece la presencia de masas de aire de origen marítimo saturadas en vapor de agua permitiendo que la vegetación sobreviva en temporadas áridas y la adaptación de este tipo de vegetación. Esto está relacionado directamente con su topografía, ya que su configuración permite ser refugio contra el viento y la captación de humedad.

A pesar de las correlaciones mencionadas anteriormente, no se encuentra una correlación directa entre la vegetación y la TSM en la loma de Tacahuay ni en las gráficas de validación de los resultados, pero si se presenta la relación entre la TSM y la temperatura ambiental, la cual se manifiesta en las lomas. Además, se observa que la TSM no ejerce influencia en la humedad, como se aprecia en la Figura 38.

La Tabla 31 siguiente exhibe la correlación entre todas las variables. Se destaca que la TSM tampoco guarda una correlación significativa con la humedad específica, sino con la temperatura ambiental, la cual influye en la vegetación de la loma. Además, en la Figura 38, las variables más significativas se representan con círculos de mayor tamaño.

Tabla 31.

Datos descriptivos sobre el análisis de correlaciones

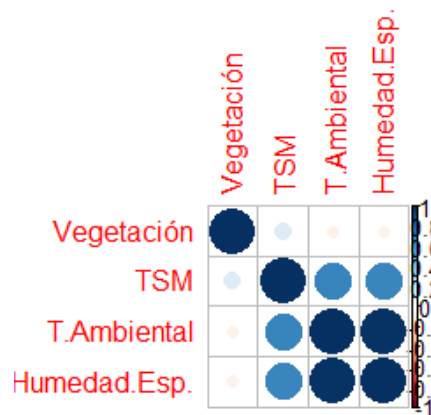
```
> # analisis de correlaciones
> cor_taca<-cor(data[,c(2,3,4,5)])
> cor_taca
```

	Vegetación	TSM	T.Ambiental	Humedad.Esp.
Vegetación	1.00000000	0.1472769	-0.07298513	-0.06690367
TSM	0.14727695	1.00000000	0.66740629	0.65873622
T.Ambiental	-0.07298513	0.6674063	1.00000000	0.98925808
Humedad.Esp.	-0.06690367	0.6587362	0.98925808	1.00000000

Fuente. Elaboración propia.

Figura 38.

Relación gráfica entre variables



Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 32 se presenta la regresión lineal múltiple, donde se evidencia que la TSM no explica la variabilidad en la humedad específica. En cambio, la temperatura ambiental muestra una relación significativa, como indican los asteriscos (***), que denotan la significancia del coeficiente al nivel de confianza del 99.9%, esto significa que el coeficiente es menor a 0.05, es decir significativo.

Tabla 32.

Modelo de Regresión Lineal Múltiple

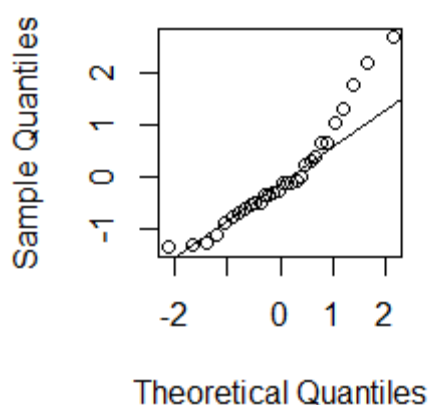
```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.280e+00  5.439e-01  -4.193 0.000282 ***
Vegetación   5.944e-06  2.810e-05   0.212 0.834129
TSM          -5.657e-03  4.573e-02  -0.124 0.902512
T.Ambiental  7.309e-01  2.911e-02  25.112 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico Q-Q Plot de la Figura 39, compara los cuantiles de una distribución, en donde se revela que los puntos en el gráfico siguen una tendencia lineal recta, es decir, los datos se adecúan correctamente a una distribución normal.

Figura 39.

Relación gráfica Normal Q-Q Plot



Fuente. Elaboración propia.

Se realizó un análisis del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) para evaluar la multicolinealidad en un modelo de regresión lineal múltiple. Se encontró que el valor del VIF para la temperatura ambiental es de 2.09, lo cual se considera aceptable, ya que está por debajo de 5 (Nolasco, 2020). Esto indica que la multicolinealidad no es un problema significativo, cumpliendo con los estándares de resultados aceptables (ver Tabla 33).

Tabla 33.

Análisis de Multicolinealidad

```
> # Análisis de multicolinealidad
> vif_results <- vif(ml_taca)
> print(round(vif_results,6))
```

Vegetación	TSM	T.Ambiental
1.080602	1.938165	1.906280

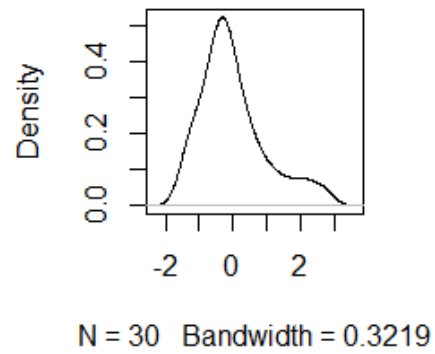
Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 40 se exhibe el análisis de densidad de residuos, el cual evalúa la normalidad de los residuos de un modelo. Se observa un histograma con una distribución normal que muestra una forma de campana simétrica alrededor del cero. Este patrón indica que la mayoría de los residuos se concentran cerca de cero y disminuyen gradualmente hacia

los extremos. Por lo tanto, la gráfica sugiere una distribución normal de los residuos, respaldando la validez de los resultados obtenidos.

Figura 40.

Gráfica de Densidad de Residuos



Fuente. Elaboración propia.

6. DISCUSIÓN

Los datos analizados revelan que hay una relación significativa entre la humedad específica y la TSM, lo que infiere una relación importante entre la presencia de vegetación en las lomas costeras y la TSM. Asimismo, la temperatura ambiental desempeña roles clave en la vegetación de las lomas costeras.

El análisis de la variación temporal de la vegetación en las lomas costeras confirma que en 1998 y 2017, años con altos valores de TSM, se produjo un incremento significativo en la cobertura vegetal. Este fenómeno es más pronunciado en las lomas del norte, como Ochiputur, debido a su latitud y cercanía al mar. En cambio, para la loma de Villa María, la vegetación es influenciada tanto por la TSM como por su propia geomorfología y clima, mientras que en la loma Tacahuay, la vegetación se ha mantenido a lo largo del tiempo debido a sus características geomorfológicas.

En la loma Ochiputur, se destaca una presencia significativa de vegetación durante el periodo más reciente (2015-2019), alcanzando su punto máximo en el año 2017, seguido de cerca por el año 2015 experimentan un aumento notable en la vegetación durante los años del fenómeno de El Niño. Esto se debe a su proximidad al mar y a la mayor humedad específica en la región, que favorece el crecimiento vegetal en respuesta a la TSM. Sin embargo, en los años restantes de esta época, se observa una vegetación escasa. Por otro lado, en la época más antigua, se registra una presencia aún menor de vegetación, con un pico máximo en el año 1998. Asimismo, se evidencia un incremento de la Temperatura Superficial del Mar en las temporadas de fenómeno de El Niño. Además, mediante regresión lineal múltiple se obtuvo una estrecha relación entre la TSM y la humedad específica, siendo este el factor por el cual ocurre la vegetación en dicha loma costera.

En la loma Villa María, la vegetación predominante se observa principalmente durante el periodo reciente (2015-2019), con su punto máximo en 2018 y 2017 muestra un incremento en la vegetación durante El Niño, pero este efecto se debe a una combinación de factores: la TSM, la temperatura ambiental y las características geomorfológicas y climáticas específicas de la loma. Sin embargo, en los demás años de esta época, se ha observado una vegetación menos abundante. En contraste, en la época antigua, la presencia de vegetación es considerablemente menor que en la reciente, con un pico máximo en 1998. Asimismo, se evidencia un incremento de la TSM en las temporadas de fenómeno de El Niño. Además,

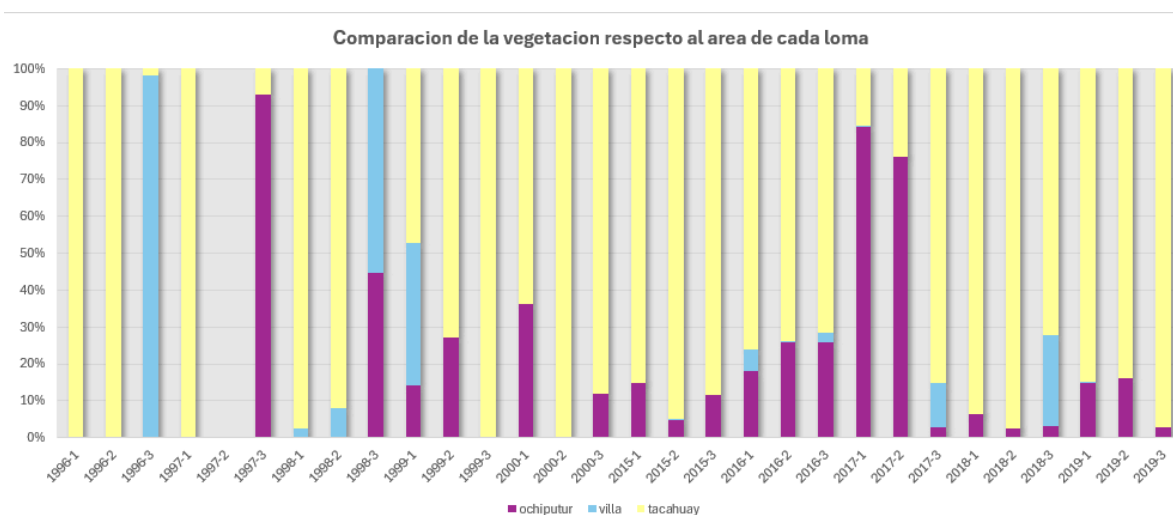
mediante regresión lineal múltiple se obtuvo una estrecha relación entre la TSM y la temperatura ambiental siendo este el factor por el cual ocurre la vegetación.

En cuanto a la loma Tacahuay, se destaca una vegetación predominante durante el periodo más reciente, siendo el año 2015, seguido por 2017 y 2018. Además, se observa una cantidad considerablemente mayor de vegetación en comparación con las lomas Ochiputur y Villa María. En la época antigua, se evidencia un pico de vegetación en 1998, siendo baja o nula en los demás años de esa época. Asimismo, se evidencia un incremento de en las temporadas de fenómeno de El Niño. Además, mediante regresión lineal múltiple se obtuvo una estrecha relación entre la TSM y la temperatura ambiental siendo este el factor por el cual ocurre la vegetación.

Asimismo, como se muestra en la Figura 41, las lomas de Tacahuay exhiben una mayor densidad vegetal en todos los años estudiados en comparación con las otras lomas, debido a la geomorfología de pendientes que presenta esta loma. Por otro lado, la loma Ochiputur muestra vegetación solamente en los años cercanos al fenómeno de El Niño. Finalmente, la loma de Villa María, se evidencia vegetación debido a las condiciones climáticas del área y con influencia del fenómeno de El Niño.

Figura 41.

Gráfico comparativo de la vegetación de cada loma de estudio.



Fuente. Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- ☐ Se concluye que la TSM tiene una relación con la vegetación de las lomas costeras durante el fenómeno de El Niño, debido a que se evidencia la estrecha relación entre la humedad específica, temperatura ambiental y la TSM, teniendo impacto en las lomas costeras. En la loma Ochiputur, se muestra el mayor aumento de vegetación en años del fenómeno de El Niño, en la loma de Villa María presenta vegetación debido a su ubicación y geomorfología, influenciado también por el fenómeno de El Niño, y en la loma de Tacahuay, la vegetación es constante influenciada por su geomorfología.
- ☐ La variación de los paisajes en las lomas costeras, influenciada por la TSM durante el fenómeno de El Niño, muestra un aumento significativo de la vegetación en 1998 y 2017. Al comparar las épocas de 1996-2000 y 2015-2019, se evidencia un incremento notable en la vegetación reciente en las lomas de Ochiputur y Villa María. En la loma de Tacahuay, la vegetación era escasa en épocas antiguas, excepto en 1998, pero en tiempos recientes muestra vegetación constante con diferentes intensidades. Además, se evidencia que, en el año 2015, denominado “El Niño Global”, tuvo un impacto especialmente grande en la vegetación de la loma de Tacahuay en comparación con otras lomas.
- ☐ La cobertura vegetal de las lomas costeras durante El Niño está influenciada por la TSM. En el norte del Perú, la loma de Ochiputur muestra un aumento significativo en la vegetación debido a su cercanía al mar y mayor humedad específica. En la loma de Villa María, la TSM y la temperatura ambiental contribuyen al incremento de vegetación, además de la geomorfología y las condiciones climáticas del área. La loma de Tacahuay mantiene una mayor vegetación a lo largo del tiempo por su geomorfología y latitud. La humedad específica es el principal factor que relaciona la vegetación con la TSM en el norte del Perú, mientras que la temperatura ambiental también es un indicador en el centro y sur del país.

7.2. Recomendaciones

- ☐ Se recomienda considerar alternativas adicionales, como utilizar vuelos fotogramétricos para obtener imágenes que posibiliten el análisis de las condiciones durante las distintas temporadas del fenómeno de El Niño. Esta práctica simplifica la evaluación de los potenciales impactos ambientales y la implementación de las medidas preventivas y correctivas pertinentes.
- ☐ El análisis del NDVI permitió identificar patrones espaciales de aumento en la vegetación durante los eventos de El Niño, así como su reducción en otros periodos, subrayando la relevancia de monitorear la salud de las lomas mediante técnicas de teledetección. Se sugiere el uso de este índice para el seguimiento de la cobertura vegetal.
- ☐ Las limitaciones en la frecuencia temporal de las imágenes satelitales dificultan la detección de cambios rápidos en la vegetación, lo que podría haber llevado a subestimar el impacto de El Niño en la vegetación de las lomas. Se recomienda establecer programas de restauración ecológica y fomentar prácticas sostenibles de uso de la tierra para fortalecer la resiliencia de las lomas frente al cambio climático.
- ☐ Se recomienda explorar el impacto de elementos adicionales, como la intensidad de la lluvia, en la reacción de las lomas costeras al evento de El Niño. Entender las interacciones entre el clima, la vegetación y el fenómeno de El Niño es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas.
- ☐ Se insinúa llevar a cabo investigaciones previas para una evaluación de la flora y su avance; con el propósito de priorizar las elevaciones con mayor influencia humana o climatológica.
- ☐ Se aconseja revisar nuevamente los límites establecidos por SERFOR, dado que las zonas se expanden y un estudio temporal desde el pasado hasta hoy día contribuirá a una demarcación más precisa.
- ☐ Se propone monitorear todas las elevaciones mediante imágenes satelitales para mantener información actualizada sobre el impacto de la ocupación informal en la superficie.
- ☐ La evidencia de la vegetación se hace más cercana en los últimos años, lo que resalta la necesidad de medidas de conservación y gestión adaptativa para mitigar los efectos negativos de El Niño en estos frágiles ecosistemas.

8. REFERENCIAS

- Accostupa Quispe, Y. M. (2017). Fenómeno El niño y su relación con la variabilidad climática en la provincia de Cusco, periodo 1964-2014. Universidad Andina del Cusco. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1312>
- Aprueban categorización de especies amenazadas de flora silvestre, DECRETO SUPREMO N°043-2006-AG (2006). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-categorizacion-especies-amenazadas-flora-silvestre>
- Asensio, I., Blanquer, G., Manuel, J., y Ramón, M. (s/f). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (s/f). Visor por Cuencas. Recuperado el 3 de abril de 2024, de <https://snirh.ana.gob.pe/VisorPorCuenca/>
- Avendaño Cotrina, A. L. (2020). Valoración de los servicios ecosistémicos de lomas costeras en los criterios de diseño del espacio público en zonas de amortiguamiento. Lomas El Paraíso, Villa María del Triunfo.
- Barsi, J., Lee, K., Kvaran, G., Markham, B., y Pedelty, J. (2014). The Spectral Response of the Landsat-8 Operational Land Imager. *Remote Sensing*, 6, 10232–10251. <https://doi.org/10.3390/rs61010232>
- Bernal, Gladys, Germán Poveda, Carlos Andrade, y Paola Roldán. 2006. Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la Costa Caribe Colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 30:195-208. doi: 10.18257/raccefyn.30(115).2006.2240.
- Bocanegra Diaz, L. C., y Luna Morales, R. V. (2022). Valoración económica del servicio recreativo de la Loma Ochiputur aplicando el método de costo de viaje. Universidad Privada del Norte. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3216438>
- Brack Egg, A., y Mendiola Vargas, C. (2016). Ecología del Perú (Tercera edición, 2010. Segunda reimpresión, febrero 2016). Editorial Bruño.
- Cardó, N., y Humphrey, C. (2018). Nuestro mar de cada día. Óptimas condiciones

- oceanográficas y actividades sostenibles. *Cultura: Revista de la Asociación de Docentes de la USMP*, 32. https://www.revistacultura.com.pe/revistas/RCU_32_nuestro-mar-de-cada-dia-optimas-condiciones-oceanograficas-y-actividades-sostenibles.pdf
- Carrasco, J., y Quintana, J. (2004). Descripción de las condiciones atmosféricas observadas en Chile durante 1997-2000 asociadas a “El Niño – La Niña/Oscilación del Sur” (pp. 43–60).
- Castañeda Córdova, L. Z. (2018). Propuesta de monitoreo de variables comunitarias al evento El Niño (1998-2001, 2010) en las Lomas de Lachay, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3811>
- Castillo Ávila H.(2015). Influencia del clima en el ecosistema de lomas. https://www.researchgate.net/profile/Diana-Rios-Valle/publication/362336941_Restauracion_ecologica_en_la_loma_de_Mangamarca_2018-2021_Lima_-_Peru/links/62e3fae67782323cf1845d6e/Restauracion-ecologica-en-la-loma-de-Mangamarca-2018-2021-Lima-Peru.pdf#page=37
- Castro, R., Tavera, H., y Bejarano, L. (2022). Análisis y evaluación histórica del fenómeno El Niño en Lima Metropolitana: Un aporte a la gestión del riesgo de desastres. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/5275>
- Cano A., Roque J., Arakaki M., Arana C., La Torre M., Llerena N. y Refulio N. 1999. Diversidad florística de las lomas de Lachay (Lima) durante el evento “El Niño 1997-98”. En: Tarazona J. y E. Castillo (eds.). El Niño 1997-98 y su impacto sobre los ecosistemas marino y terrestre. *Revista Peruana de Biología*, 6(3): 125-132. DOI: <https://doi.org/10.15381/rpb.v6i3.8438>.
- Cedron, J.C., Landa, V. y Robles, J. (2011) “Ley de los gases ideales”. [En línea]. Química General. Material de enseñanza. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/521-leyes-de-los-gases-ideales.html>
- Chuvieco, E. 1999. Remote Sensing of large wildfires in the European Mediterranean Basin. Ed. Springer. Berlin, 212 pag.

- Commission, I. O., Voituriez, B., y Griffiths, R. C. [translator. (2003). The Changing ocean: Its effects on climate and living resources. <https://policycommons.net/artifacts/8864018/the-changing-ocean/9714859/>
- Corcuera Cueva, V. (2017). La Loma del cerro Ochiputur: Conociendo su flora y fauna. 28, 133–161.
- Córdova, L. Z. C., Infantas, E. H. S., y Carlos, Z. D. Q. (2022). Análisis Del Comportamiento De Las Variables Bióticas De La Reserva Nacional De Lachay Al Evento El Niño (1998-2001, 2010). *Ecología Aplicada*, 21(1), 35-47.
- Cossío Navarro, A., y Jaén La Torre, H. (1967). Geología de los cuadrángulos de Puémape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa. (Hojas 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f, 18-f)—[Boletín A 17]. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/134>
- Cotrina, A. A. (2020). TALLER DE INVESTIGACIÓN EN ESTUDIOS TERRITORIALES.
- Delgado, B. C. T. (s. f.). EL ROL DEL AGUA DE LAS NEBLINAS EN LA CONSERVACION Y MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD DE LOS ECOSISTEMAS DE LOMAS CASO: LAS LOMAS DE ATIQUIPA.
- Dillon, M.; Nakasawa, M. y Leiva, S. 2003. El Niño in Peru, Biology and Culture over 1000 years. The Lomas Formations of Coastal Perú. 8 p.
- Dourojeanni, M. J. (1986). Gran Geografía del Perú: Naturaleza y hombre. Mafer y Juan Mejía Baca.
- Díaz García-Cervigón. (2015). Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de éstos a la agricultura de precisión. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/25048>
- Earth Engine Data Catalog. (s/f). Sentinel Collections in Earth Engine. Google for Developers. Recuperado el 3 de abril de 2024, de <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel>
- EbA Lomas. 2018. Proyecto EbA Lomas. Retos y oportunidades en la conservación de las lomas de Lima Metropolitana. <https://www.undp.org/es/peru/publicaciones/eba-lomas>

- El niño Apuntes Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. - Studocu. (s. f.). Recuperado 5 de abril de 2024, de <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-del-este-la-plata/ecologia-y-medio-ambiente-iii/el-nino-apuntes/54910266>
- Enriquez, O., Guzmán, A., y Narváez, G. (2014). Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 23(1), Article 1. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v23n1.41090>
- España Dirección General de Puertos. (1992). ROM 0.3-91: Oleaje. Anejo I, Clima marítimo en el litoral español ([1a. ed.]). Dirección General de Puertos.
- FAO. 2008. Adaptación al cambio climático y mitigación del mismo: los desafíos y las oportunidades para la seguridad alimentaria. Documento informativo preparado para la Conferencia de Alto Nivel sobre Seguridad Alimentaria Mundial: los Desafíos del Cambio Climático y la Bioenergía, Roma, 3-5 de junio de 2008 (disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/013/k2545s.pdf>).
- Ferreira, R., y Brack Egg, A. (1986). Flora y vegetación del Perú. Ecología de un país complejo.
- Ferreira, R. (1993). Registros de la vegetación en la costa peruana en relación con el fenómeno El Niño. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, 22(1), 259-266. <https://doi.org/10.3406/bifea.1993.1115>
- Figueroa, N. S., Montesinos, R. D., Valverde, P. R., Vargas, J. Q., Fernández-Baca, E., Reyes, R. J., Miyasiro, M., y Guzmán, J. S. (2019). PROGRAMA DE GOBIERNO REGIONAL DE LIMA METROPOLITANA.
- Google Earth Engine. (s/f). Earth Engine Code Editor | Google Earth Engine. Google for Developers. Recuperado el 13 de abril de 2024, de <https://developers.google.com/earth-engine/guides/playground>
- Guerrero Padilla, A. M., Rodríguez Rodríguez, E. F., Leiva González, S., y Pollack Velásquez, L. E. (2019). Zonas de vida en el proceso de la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) de la provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú. Arnaldoa,

26(2), 761-792. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26217>

Hidalgo Proaño, M. (2017). Variabilidad Climática interanual sobre el Ecuador asociada a ENOS. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 6(2), 42-47.

Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, C. V., Gutierrez, E. L., y Ramos, W. (2016). Fenómeno El Niño y desastres naturales: Intervenciones en salud pública para la preparación y respuesta. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 300–310. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.332.2205>

Horacio E. S. (2022). Introducción a la meteorología general http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion_a_la_Meteorologia_I.pdf

Huertas Vallejos, L. (1993). Anomalías cíclicas naturales y su impacto en la sociedad—El fenómeno El Niño. *Bulletin de l’Institut Français d’Études Andines*, 22(1), 345–394. <https://doi.org/10.3406/bifea.1993.1119>

Ibañez, S. (2011). Entisoles. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12883/Entisoles.pdf>

INRENA. (2005). Biodiversidad en las lomas de Tacahuay. https://issuu.com/maribel_12/docs/dx_biodiversidad_tacahuay_inrena_2__1_

INRENA (2008). Diagnóstico de la biodiversidad de las lomas de Tacahuay. https://issuu.com/maribel_12/docs/dx_biodiversidad_tacahuay_inrena_2__1_

Instituto del Mar del Perú (IMARPE). (s/f). Temperatura superficial del mar. Recuperado el 3 de abril de 2024, de https://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id_seccion=I01780301030000000000

Instituto del Mar del Perú IMARPE. (2013). https://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id_seccion=I01780301030000000000

Instituto Nacional De Estadística e Informática (INEI). (2020). Mapa de pobreza monetaria provincial y distrital 2018 (Biblioteca SIGRID).

<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/13980>

Instituto Nacional De Estadística e Informática (INEI). (s/f). Sistema de Información Distrital para la Gestión Pública. Recuperado el 13 de abril de 2024, de <https://estadist.inei.gob.pe/>

Instituto Nacional de Recursos Naturales. (2002). Plan maestro de la Reserva Nacional de Lachay 2003-2007. Lima, Perú.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). Cambio Climático 2007, Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad.

Jauregui, J. D. P., y Sánchez, F. P. (2020). El caso de las Lomas de Villa María del Triunfo en Lima - Perú.

Jiahao, J. (2020). Desarrollo de una Herramienta de Integración de Datos de Imágenes de Satélite en Google Earth Engine. Universidad Politécnica de Madrid https://oa.upm.es/63348/1/TFG_JIAHAO_JI.pdf

Jiménez Espinosa M., Matías Ramírez L., Fuentes Mariles Ó. A. (CENAPRED) y Ricardo Prieto González (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2007). Ciclones Tropicales. <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/5-FASCCULOCICLONESTROPICALES.PDF>

Kato, A. (2018). Detrás de la neblina: Lomas de Lima. Agenda Viva, 002, Article 002. <https://doi.org/10.26439/agenda.viva2018.n002.2808>

Labrador García, M., Brondo, J., y Arbelo, M. (2012). Satélites de teledetección para la gestión del territorio.

Lagos, P., Silva, Y., y Nickl, E. (2005). El Niño y la precipitación en los Andes del Perú. Bol. Soc. Geol. Lima Espec., 6, 7–23.

Landsat Algorithms | Google Earth Engine. (s/f). Google for Developers. Recuperado el 13 de abril de 2024, de <https://developers.google.com/earth-engine/guides/landsat>

León, J. O. S., y Sarmiento, R. E. G. (1995). Características Oceanográficas Y Meteorológicas en el Sur del Pacífico Colombiano en el Periodo Enero-Diciembre/93 Y su relación con El Fenómeno «El Niño 91/92». Boletín Científico Centro de Control de

Contaminación del Pacífico (CERRADO EN 2009), 5, 36-72.

Libro El Niño Realidad y Ficción De Guy Voiturez, Bruno/Jacques—Buscalibre. (s. f.). Recuperado 5 de abril de 2024, de <https://www.buscalibre.pe/libro-el-nino-realidad-y-ficcion/9789233036499/p/53950927>

López, A. C. S., y Ayala, J. C. C. (2015). EL CONCEPTO DE ONDA ELECTROMAGNÉTICA Y SU MEDIO DE PROPAGACIÓN A PARTIR DE LA TEORÍA DE MAXWELL Y LOS TRABAJOS DE HERTZ.

Marcos O. (1996). Sequeres al Nordest de Brasil i el fenòmen El Nino. Aproximació a l'estudi de la seva interrelació. Tesina de licenciatura inédita. Departament de Geografia Física i A.G.R.Universitat de Barcelona. 150 págs.

Martínez Cirilo, J. M. (2016). Análisis del cambio de ocupación del suelo en el polígono número tres del Área de Protección de Flora y Fauna Ciénegas de Lerma (APFFCL) en el periodo 2004-2014. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65828>

Medina Allcca, L., Vásquez Acuña, J. M., y Geológico, I. G. M. y M. D. de G. A. y R. (2007). Evaluación de la seguridad física del asentamiento humano “Las Lomas del Paraíso”, distrito de Villa María del Triunfo, provincia y región Lima. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2217>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). Anexo 4: Ecosistemas únicos: Lomas costeras. https://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo2/3Secundaria/Actividades-Aprendizaje/CTA_1/S11/anexo11/CTA_S11_Anexo_4.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2023). Líneas de investigación especializadas en Lomas Costeras. Espacio de articulación del conocimiento de Lomas Costeras.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). Sexto informe nacional sobre Diversidad Biológica. La Biodiversidad en cifras.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). Perú y el cambio climático. Segunda comunicación Nacional del Perú a la convención Marco de las Naciones Unidas sobre

el Cambio Climático.

- Miyasiro López, M. G., y Ortiz Huamaní, M. A. (2016). Estimación mediante la teledetección de la variación de la cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo por la expansión urbana y minera (1986-2014). Repositorio de Tesis - UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5281>
- Moat, J., Orellana-Garcia, A., Tovar, C., Arakaki, M., Arana, C., Cano, A., Faundez, L., Gardner, M., Hechenleitner, P., Hepp, J., Lewis, G., Mamani, J.-M., Miyasiro, M., y Whaley, O. Q. (2021). Seeing through the clouds – Mapping desert fog oasis ecosystems using 20 years of MODIS imagery over Peru and Chile. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 102468. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102468>
- Montenegro Díaz, P. F. (2015). Estimación de la radiación solar y neta a partir de la temperatura en ecosistemas de páramo y comparación con sensores a nivel del suelo [bachelorThesis]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21734>
- Mostacero J., Mejía F. y Peláez F. 1996. Fitogeografía del Norte del Perú. Serie Ciencias-CONCYTEC. Lima Perú.
- Municipalidad de Lima. (2019). Expediente Técnico: Propuesta de Área de Conservación Regional "Sistema de Lomas de Lima". Lima: Municipalidad de Lima. <https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/769c1ec8d2e51e68.pdf>
- Municipalidad Distrital de Salaverry (2021). Plan de acción distrital de Seguridad Ciudadana. <https://www.munisalaverry.gob.pe/PDF/PADSC%20SALAVERRY%202021%20.pdf>
- Mujica, E., y Canziani, J. (s. f.). CANZIANI, Jose y Elias MUJICA 1997 y "Atiquipa: Un caso prehispánico de manejo sustentable en ecología de lomas y "; En: Perú. El problema agrario en debate. Sepia VI, Efraín Gonzales de Olarte, Bruno Revesz y Mario Tapia, editores, pp. 503-526 Lima, Seminario Permanente de Investigación Agraria. Recuperado 5 de abril de 2024, de https://www.academia.edu/37551149/CANZIANI_Jose_y_Elias_MUJICA_1997_Atiquipa_un_caso_prehisp%C3%A1nico_de_manejo_sustentable_en_ecolog%C3%ADa_de_lomas_
- Narvaez, S. (1964). Geología de los cuadrángulos de Ilo y Locumba (Hojas 36-t y

- 36-u)—[Boletín A 7]. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/147>
- NASA Goddard Space Flight Center Conceptual Image Lab (2011).
<https://svs.gsfc.nasa.gov/cilab/index.html>
- NASA. (2021a, noviembre 30). Landsat 5 | Landsat Science.
<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-5/>
- NASA. (2021b, noviembre 30). Landsat 8 | Landsat Science.
<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>
- Nieuwland, B., y Mamani, J. M. (2017). Las lomas de Lima: Enfocando ecosistemas desérticos como espacios abiertos en Lima metropolitana. *Espacio y Desarrollo*, 29, 109-133.
- Nima, F. (2020). Determinación del potencial de recarga hídrica de la cuenca del río Rimac. Recuperado de
https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27787/Franco%20Denils%20Nima%20Medina_PDF_TOTAL.pdf?sequence=1
- NOAA. (2013). Ciclones Tropicales.
https://www.weather.gov/media/owlie/ciclones_tropicales11.pdf
- Nolasco Jáuregui O. (2020). B913 Multivariate Analysis / Análisis Multivariante, Tecana American University - Postdoctoral Program In Biostatistics. México.
https://tauniversity.org/sites/default/files/informe_4_o_nolasco_ok.pdf
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2021). El estado del clima en América Latina y el Caribe 2021.
<https://library.wmo.int/fr/records/item/28347-el-estado-del-clima-en-america-latina-y-el-caribe-2021>
- Organización Panamericana de la Salud. (2000). Fenómeno El Niño, 1997-1998. Crónicas de Desastres;(8),2000. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/46050>
- Padilla, G., y Marlene, A. (2019). Estudio geomorfológico y edafológico en el desarrollo de *Persea americana* (Lauraceae), *Asparagus officinalis* (Asparagaceae) y *Saccharum officinarum* (Poaceae) en la provincia de Trujillo, Perú. *Arnaldoa*, 26(1), 447–464.

<https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26124>

Paez, D. R. (2018). FACULTAD DE INGENIERÍA ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACION AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE RECURSOS NATURALES.

Paniagua Guzmán, L.J. (s.f). Condiciones microclimáticas en las lomas costeras y riesgos a la salud de los pobladores en Lima metropolitana. Recuperado de <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Procesosambientales/Climatologia/14.pdf>

Paredes Orihuela, D. Enrique. (2023). Olas de calor en la Región Norte del Perú y su correlación con eventos ENSO (1979—2018) [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5601>

Pérez, D. J. (2007). Introducción a los sensores remotos-Aplicaciones en Geología. Laboratorio de Tectónica Andina, Ciudad Universitaria, Pabellón, 2, C1428EGA.

Piedra Jauregui J. D.(2020). Acción Comunitaria y Política para la Defensa y Gestión de un Ecosistema Frágil En Situación de Riesgo el Caso de las Lomas De Villa María Del Triunfo En Lima -Perú. Barcelona. <https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/3045517/1/PiedraJaureguiJD.pdf>

Plan de Desarrollo Concertado del Distrito de Ite-PDC 2014-2021, Ordenanza Municipal N° 009-2014-CM/MDI (2014). <https://www.muniite.gob.pe/transparencia/planeamiento-y-organizacion/PDC-2021.pdf>

Polonio García, A. (2017). Monitorización y análisis comparativo de glaciares mediante imágenes Landsat (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

PUCP. (2020). Lomas costeras: Un paraíso por proteger cambios. Clima de cambios. <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/lomas-costeras-un-paraíso-por-protger/>

Quispe, C. A. A., y Solórzano, R. J. (2021). Problemática socioambiental de las lomas costeras de Lima: Una revisión. Social Innova Sciences, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.58720/sis.v2i2.50>

- Rabanal, W. y Sandoval, M. (2020). Valorización económica ambiental de la Loma Ochiputur mediante el método de valoración contingente para promover su conservación, 2019. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/53664087-4e43-41c3-b853-2abbad31b55c/content>.
- Rasmusson, E. y Carpenter, T.(1982). Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Review*, 110, pp. 354-384. https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/110/5/1520-0493_1982_110_0354_vitsst_2_0_co_2.xml.
- Rios Valle, D., y Ramirez, A. (2021). Restauración ecológica en la loma de Mangamarca 2018-2021, Lima—Perú.
- Rivas, J. C. (2008, diciembre 23). LIMA SUR: HACE 90 AÑOS SE INAUGURÓ EL FERROCARRIL LIMA - LURIN. Patrimonio Histórico del Sur de Lima. LIMA SUR. <https://limasur-peru.blogspot.com/2008/12/hace-90-aos-se-inaugur-el-ferrocarril.html>
- Rojas Monsalvo, K. (2013). Radiación Electromagnética. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/432>
- Romero, J. P., Carrascosa, J. M., y Navarro, R. M. (s/f). Capítulo 9: Google Earth Engine aplicado a ciencias forestales.
- Rundel, P., Dillon, M., Palma, B., Mooney, H., Gulmon, S., y Ehleringer, J. (1991). The Phytogeography and Ecology of the Coastal Atacama and Peruvian Deserts. *Aliso: A Journal of Systematic and Floristic Botany*, 13(1), 1–49. <https://doi.org/10.5642/aliso.19911301.02>
- León Rojas, T. N. (2022). La climatología de las Lomas de la Costa Central del Perú usando datos imágenes de satélite.
- Rutllant, J., y Fuenzalida, H. (1991). Synoptic aspects of the central chile rainfall variability associated with the southern oscillation. *International Journal of Climatology*, 11(1), 63-76. <https://doi.org/10.1002/joc.3370110105>

- Santa Cruz Cervera, L., Cano Echevarría, A., Campos de la Cruz, J., Rodríguez Rodríguez, E. F., Santa Cruz Cervera, L., Cano Echevarría, A., Campos de la Cruz, J., y Rodríguez Rodríguez, E. F. (2021). Diversidad florística de Lomas de Jicamarca, Huarochirí, Lima, Perú, asociadas al fenómeno de El Niño. *Arnaldoa*, 28(1), 9-26. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.281.28101>
- Sarochar, H. E. (2013). Introducción a la Meteorología General. http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion_a_la_Meteorologia_I.pdf
- SENAMHI. (2022). Perú, S. N. de M. e H. del. (2022). Boletín de monitoreo fenómeno El Niño/La Niña no. 04 (abril 2022). Repositorio Institucional - SENAMHI. <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/2127>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2014). Ficha técnica de Campo Ecosistema Frágil Loma Tacahuay. <https://docplayer.es/113878291-Ficha-tecnica-de-campo-ecosistema-fragil-loma-tacahuay.html>.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2016). Ficha técnica de Campo Ecosistema Frágil Loma Ochiputur. <https://docplayer.es/95272231-Ficha-tecnica-de-campo-ecosistema-fragil-lo-ma-ochiputur.html>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2023). Ficha Técnica del Estado de Conservación-Departamento de Lima. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5469213/4879824-lim-ft-loma-costera-muro-acu-23-08-2023ffff.pdf?v=1700738661>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el estado (SERNANP). (2019). Sistema de lomas Costeras. <https://patrimoniomundial.cultura.pe/sites/default/files/li/pdf/17.%20Sistema%20de%20Lomas%20-%20Esp.pdf>.
- Soto-Cáceres, V. (2023). Desastres naturales previsibles y prevenibles en el norte peruano: ¿cuándo estaremos todos juntos unidos trabajando para controlarlos? Predictable and

- preventable natural disasters in northern Peru: ¿when will we all be united together working to control them? *Revista Experiencia en Medicina del Hospital Regional Lambayeque*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.37065/rem.v9i1.640>
- Sánchez García, A., y Toral Ruiz, N. (2014, enero). Análisis de las capacidades de los sistemas Landsat y E01 para la actualización cartográfica. Estudio de un caso práctico. [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía (UPM). <https://oa.upm.es/26849/>
- Segura López, A. C. (2012). El concepto de onda electromagnética y su medio de propagación a partir de la teoría de Maxwell y los trabajos de Hertz.
- Sotomayor Melo, D. A., y Jiménez Milón, P. (2008). Condiciones meteorológicas y dinámica vegetal del ecosistema costero lomas de Atiquipa (Caravelí-Arequipa) en el sur del Perú. *Ecología aplicada*, 7(1-2), 1-8.
- Talavera, C., Jiménez, P., Villasante, F., Ortega, A., y Villegas, L. (1999). Respuesta fenológica de la vegetación arbórea de las lomas del sur del Perú (Mejía -Arequipa) EN relación con el evento «El Niño 1997-98». *Revista Peruana de Biología*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.15381/rpb.v6i3.8440>
- TE-17815—Prácticas—EL CONCEPTO DE ONDA ELECTROMAGNÉTICA Y SU MEDIO DE PROPAGACIÓN A PARTIR DE LA - Studocu. (s. f.). Recuperado 5 de abril de 2024, de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-tecnologica-oteima/fisica/te-17815-practicas/63758403>
- Terán, O. H. E., Perpinyà, A. B., y Traveria, M. G. (2022). Google Earth Engine aplicado al monitoreo de superficies quemadas y cambios de coberturas y usos del suelo. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, 29, Article 29. <https://doi.org/10.21138/GF.764>
- Trinidad, H., Huamán-Melo, E., Delgado, A., y Cano, A. (2012). Flora vascular de las lomas de Villa María y Amancaes, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 19(2), 149–158.
- USGS. (s/f). Landsat 5 | U.S. Geological Survey. Recuperado el 13 de abril de 2024, de <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-5>

- Velásquez Espinoza, M. (2014). Validación de la composición florística de las Lomas de Tacahuay desde el pleistoceno hasta la actualidad (Tacna—Perú). Universidad Nacional Agraria La Molina.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2346>
- Velásquez. 2013. Variación de la composición florística de las lomas de Tacahuay desde el pleistoceno hasta la actualidad (TACNA-PERÚ). Tesis Mag. Sc. Lima Perú. UNALM. 137 p
- Veneros, J., García, L., Morales, E., Gómez, V., Torres, M., y López-Morales, F. (2020). Aplicación de sensores remotos para el análisis de cobertura vegetal y cuerpos de agua. *Idesia* (Arica), 38(4), 99–107.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000400099>
- Verhoelst, T., Compennolle, S., Pinardi, G., Lambert, J. C., Eskes, H. J., Eichmann, K. U., ... y Zehner, C. (2020). Ground-based validation of the Copernicus Sentinel-5p TROPOMI NO₂ measurements with the NDACC ZSL-DOAS, MAX-DOAS and Pandonia global networks. *Atmospheric Measurement Techniques Discussions*, 2020, 1-40.
- Voituriez, B. (2003). The changing ocean: its effects on climate and living resources. Unesco.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000131358>
- Voituriez, B., Jacques, G., y Intergovernmental Oceanographic Commission. (2000). El Niño: realidad y ficción.
- Weather Spark (s.f.). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Salaverry.
<https://es.weatherspark.com/y/19913/Clima-promedio-en-Salaverry-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>.
- Zambrano, E. (1996). El Niño. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 8(1), 109-114.

9. ANEXOS

Anexo 9.1. Datos de Temperatura Superficial del Mar de las estaciones para las lomas de Ochiputur, Tacahuay y Villa María.

AÑO	TEMPORADA	TSM_HUANCHACO	TSM_CALLAO	TSM_ILO
1996	T1	16.48	15.48	15.58
1996	T2	15.38	14.93	14.95
1996	T3	14.77	14.38	14.98
1997	T1	17.57	16.65	17.18
1997	T2	21.93	20.60	18.60
1997	T3	21.73	19.73	18.43
1998	T1	25.91	22.53	20.38
1998	T2	18.26	16.98	16.23
1998	T3	15.69	14.55	14.88
1999	T1	17.01	15.60	15.90
1999	T2	16.12	15.15	14.95
1999	T3	15.20	14.35	15.00
2000	T1	16.80	15.55	15.96
2000	T2	16.83	16.16	14.98
2000	T3	15.46	14.54	15.51
2015	T1	18.93	16.74	17.49
2015	T2	20.16	18.64	16.69
2015	T3	19.21	17.12	16.96
2016	T1	20.69	19.18	19.01
2016	T2	17.31	16.95	16.14
2016	T3	16.46	15.51	15.71
2017	T1	21.97	18.77	16.99
2017	T2	17.91	16.84	16.15
2017	T3	16.33	14.63	14.96
2018	T1	17.03	15.56	16.43
2018	T2	16.66	15.63	15.54
2018	T3	17.54	15.56	16.03
2019	T1	19.57	17.74	17.50
2019	T2	16.98	16.15	15.51
2019	T3	17.15	15.19	15.48

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 9.2. Datos de temperatura ambiental de las lomas de Ochiputur, Tacahuay y Villa María.

AÑO	TEMPORADA	TMA_OCHIPUTUR	TMA_VILLA MARIA	TMA TACAHUAY
1996	T1	17.20	18.81	21.35
1996	T2	17.37	16.67	17.12
1996	T3	17.15	17.25	18.30
1997	T1	17.74	19.47	22.51
1997	T2	18.51	18.92	19.13
1997	T3	18.46	19.29	19.85
1998	T1	19.58	21.76	23.58
1998	T2	18.00	17.68	18.03
1998	T3	16.85	17.25	17.91
1999	T1	17.14	18.95	21.02
1999	T2	16.97	16.56	17.11
1999	T3	16.78	17.11	18.04
2000	T1	16.83	18.95	21.66
2000	T2	17.10	16.56	17.01
2000	T3	17.59	17.11	18.33
2015	T1	18.16	19.78	22.58
2015	T2	18.70	18.32	17.58
2015	T3	19.22	18.97	18.85
2016	T1	19.14	20.80	22.67
2016	T2	18.58	17.77	17.90
2016	T3	18.02	18.15	19.13
2017	T1	17.82	20.24	23.02
2017	T2	18.03	17.48	17.92
2017	T3	18.00	17.91	18.09
2018	T1	17.64	19.34	22.37
2018	T2	17.78	17.26	17.53
2018	T3	18.01	18.13	18.92
2019	T1	18.53	19.34	22.39
2019	T2	18.43	17.26	17.30
2019	T3	18.15	18.13	18.66

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 9.3. Datos de humedad específica de las lomas de Ochiputur, Tacahuay y Villa María.

AÑO	TEMPORADA	HE OCHIPUTUR	HE VILLA MARIA	HE TACAHUAY
1996	T1	10.59	11.40	13.05
1996	T2	8.56	8.70	10.21
1996	T3	8.93	9.11	10.64
1997	T1	10.52	11.67	13.88
1997	T2	9.89	10.35	11.55
1997	T3	10.90	10.80	11.78
1998	T1	13.37	13.84	14.85
1998	T2	9.42	9.52	10.73
1998	T3	9.64	9.45	10.52
1999	T1	10.73	11.63	13.14
1999	T2	9.42	9.52	10.73
1999	T3	9.34	9.20	10.59
2000	T1	10.58	11.55	13.59
2000	T2	9.28	8.88	10.24
2000	T3	8.78	9.25	10.77
2015	T1	11.34	11.98	14.22
2015	T2	9.49	9.36	10.79
2015	T3	10.12	9.75	11.26
2016	T1	11.96	12.39	14.22
2016	T2	8.70	8.90	11.02
2016	T3	9.11	9.28	11.31
2017	T1	11.64	12.41	14.71
2017	T2	9.17	8.97	10.79
2017	T3	9.55	9.02	10.82
2018	T1	11.05	11.29	14.02
2018	T2	9.03	8.76	10.60
2018	T3	9.63	9.42	11.22
2019	T1	11.70	12.16	14.31
2019	T2	8.85	8.61	10.47
2019	T3	9.89	9.52	11.23

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 9.4. Código en GGE del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El siguiente código tiene como objetivo buscar imágenes satelitales tanto del Landsat 5 como del Landsat 8 dentro de un rango de fechas especificadas. Posteriormente, aplica el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) a estas imágenes para obtener un ráster que representa la vegetación, utilizando combinaciones de bandas.

```

1 // Import the Landsat 5 TOA image collection.
2 var l8 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C02/T1_TOA");
3 // Get the least cloudy image in 2015.
4 var image = ee.Image(
5   l8.filterBounds(point)
6     .filterDate('2000-01-01', '2000-12-31')
7     .sort('CLOUD_COVER')
8     .first()
9 );
10 var image2 = image.clip (point);
11
12 // Compute the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).
13 var nir = image2.select('B4');
14 var red = image2.select('B3');
15 var ndvi = nir.subtract(red).divide(nir.add(red)).rename('NDVI');
16
17 // Display the result.
18 Map.centerObject(image2, 9);
19 var ndviParams = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']};
20 Map.addLayer(ndvi, ndviParams, 'NDVI image');
21
22 var ndvi = image2.normalizedDifference(['B4', 'B3']).rename('NDVI')
23 ;
24 Export.image.toDrive({
25   image: ndvi.clip(point),
26   description: 'NDVI.2000',
27   scale: 30,
28   maxPixels: 1e9,
29   region: point,
30 });

```

Anexo 9.5. Fotografía de las Lomas Costeras

Figura 42.

Cactus en las Lomas de Ochiputur



Fuente. Elaboración propia.1

Figura 43.

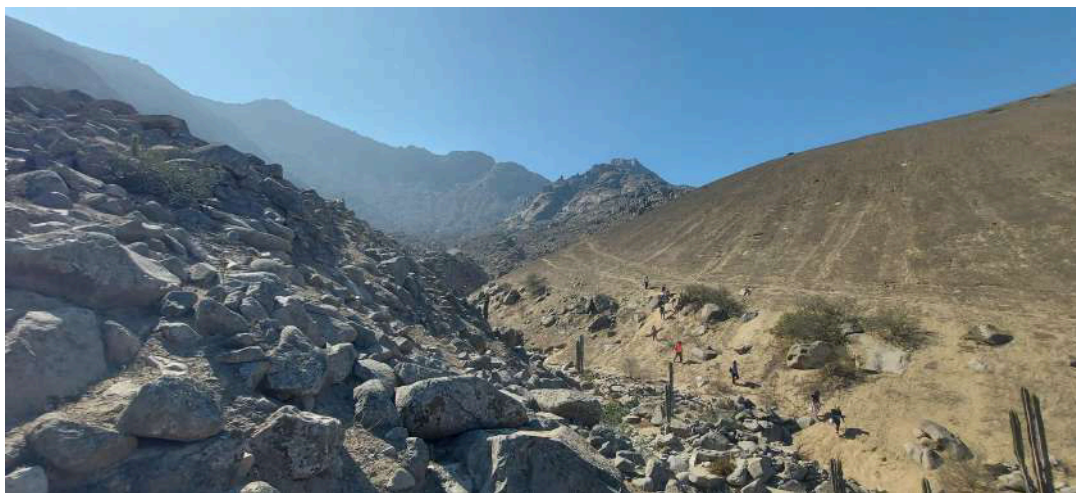
Flor de Amancaes en las Lomas de Ochiputur



Fuente. Elaboración propia.

Figura 44.

Paisaje de las Lomas de Ochiputur



Fuente. Elaboración propia.

Figura 45.*Suelo de las Lomas de Villa María**Fuente. Elaboración propia.***Figura 47.***Vegetación en las Lomas de Villa María**Fuente. Elaboración propia.***Figura 46.***Árboles en las lomas de Villa María**Fuente. Elaboración propia.***Figura 48.***Vegetación en las Lomas de Villa María**Fuente. Elaboración propia.*

Figura 49.*Paisaje de las Lomas de Tacahuay**Fuente. Elaboración propia.***Figura 50.***Vista panorámica de las lomas de Tacahuay**Fuente. Elaboración propia.***Figura 51.***Vegetación en las Lomas de Tacahuay**Fuente. Elaboración propia.***Figura 52.***Vegetación en las Lomas de Tacahuay**Fuente. Elaboración propia.*

9.6. Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable dependiente	Diseño de investigación	Población
¿Cuál fue el impacto de la Temperatura Superficial del Mar en las lomas costeras en el transcurso del Fenómeno de El Niño, en los periodos 1996 - 2000 y 2015 - 2019?	Evaluar durante los periodos 1996 - 2000 y 2015 - 2019, el impacto de la Temperatura Superficial del Mar en las lomas de la costa en el transcurso del fenómeno de El Niño.	Durante el fenómeno de El Niño, se observa un incremento en la vegetación de las lomas de la costa debido a las variaciones en la Temperatura Superficial del Mar, específicamente durante los intervalos de tiempo entre 1996 - 2000, así como entre 2015 - 2019, cada una con sus características particulares.	Lomas Costeras		La población de interés para esta investigación está constituida por todas las lomas costeras peruanas.
Sub Problemas	Objetivo Específico	Hipótesis Específicas	Variable independiente		Muestra
¿Cómo varió temporalmente el paisaje de las lomas de la costa debido a la influencia de la Temperatura Superficial del Mar durante el fenómeno de El Niño, en los periodos de 1996 - 2000 y 2015 - 2019?	Determinar la variación temporal del paisaje de las lomas de la costa influenciadas por la Temperatura Superficial del Mar en el transcurso del fenómeno de El Niño, en los periodos de 1996 - 2000 y 2015 al 2019.	La variación temporal del paisaje de las lomas costeras en el transcurso del evento de el fenómeno de El Niño es destacable en algunas lomas debido al impacto de la Temperatura Superficial del Mar durante los periodos comprendidos entre 1996 - 2000, así como entre 2015 al 2019.		La presente investigación tiene un enfoque explicativo, del tipo de investigación básica, con un diseño no experimental de forma longitudinal.	
¿Cuál fue la variación en la cobertura vegetal de las lomas de la costa como resultado de la influencia de la Temperatura Superficial del Mar durante el fenómeno de El Niño, en los periodos de 1996 - 2000 y 2015 - 2019?	Analizar la variación en la cobertura vegetal de las lomas de la costa influenciadas por la Temperatura Superficial del Mar durante el fenómeno de El Niño, en los periodos de 1996 - 2000 y 2015 al 2019.	Durante el fenómeno de El Niño, la vegetación aumenta debido a la influencia de la Temperatura Superficial del Mar, según las características específicas de la elevación costera, entre 1996 - 2000, así como entre 2015 al 2019.	Temperatura Superficial del Mar.		La muestra de este estudio está conformada por las lomas de Ochiputur, Villa María y Tacahuay.