

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**Estimación de depósitos de sedimentos del río Yucaes
mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de
aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en
la cuenca de Yucaes Ayacucho, 2022**

PRESENTADO POR:

Bach. Ismael Eloy AGUADO CARHUAPOMA

Asesor:

Msc. Ing. Edwin Carlos GARCÍA SAEZ

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

AYACUCHO - PERÚ

2023

Resumen

La presente investigación muestra los depósitos de sedimentos detectados a través de los índices espectrales para el tamaño de grano de los depósitos de sedimentos según la escala de valores de los índices espectrales como son el Grain size Index (GSI) donde las bandas utilizadas para la creación de este índice espectral fueron la banda 2 (band blue), banda 3 (Band green) y la banda 4 (Band red) bandas utilizadas del Landsat 8 y 9 para creación del índice espectral $(B4-B2)/(B2+B3+B4)$ llamado Grain size Index, y para el Grain Index fueron utilizados las bandas del sensor Aster (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) como son las bandas VNIR (Visible Near Infrared), SWIR (Short wave infrared) y TIR (Thermal Infrared) donde se utilizó la banda 3 de VNIR y la banda 6 de SWIR con la siguiente fórmula $(B3-B6)/(B3+B6)$ para la creación del índice espectral Grain Index y finalmente se desarrollo el índice espectral Sand Index 3 utilizando las bandas de TIR como son las bandas B10, B11, B12 y B13 para la siguiente fórmula $(3B13)/(B10+B11+B12)$ índice espectral thermal de ASTER para el Sand Index 3, la realización de estos 3 índices espectrales para la teledetección espectral nos ayuda a localizar los depósitos de sedimentos en la cuenca de Yucaes a través de mapas realizadas como son de materia de investigación para el presente trabajo.

Palabras clave: Grain size Index, Grain Index, Sand Index 3, índice espectral, bandas.

Abstract

The present investigation shows the sediment deposits detected through the spectral indices for the grain size of the sediment deposits according to the scale of values of the spectral indices such as the Grain size Index (GSI) where the bands used for the creation of this spectral index were band 2 (band blue), band 3 (Band green) and band 4 (Band red) bands used from Landsat 8 and 9 for the creation of the spectral index $(B4-B2)/(B2+B3+B4)$ called Grain size Index (GSI), Band 3 (Band green) and Band 4 (Band red) bands used from Landsat 8 and 9 to create the spectral index $(B4-B2)/(B2+B3+B4)$ called Grain size Index, and for the Grain Index were used the bands of the Aster sensor (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) such as the VNIR (Visible Near Infrared) bands, SWIR (Short wave infrared) and TIR (Thermal Infrared) where VNIR band 3 and SWIR band 6 were used with the following formula $(B3-B6)/(B3+B6)$ for the creation of the spectral index Grain Index and finally the spectral index Sand Index 3 was developed using the TIR bands such as bands B10, B11, B12 and B13 for the following formula $(3B13)/(B10+B11+B12)$ thermal spectral index of ASTER for the Sand Index 3, the realization of

these 3 spectral indexes for spectral remote sensing helps us to locate the sediment deposits in the Yucaes basin through maps made as research material for this work.

Keywords: Grain size Index, Grain Index, and Index 3, sediments, spectral Index .

Introducción

En la presente investigación, a continuación presentaremos un breve resumen de cada capítulo que se desarrolló en la tesis.

- **Capítulo 1: Planteamiento del problema.** Descripción del problema, formulación del problema, justificación e importancia de la investigación, objetivos, hipótesis. El problema principal de nuestro país no contamos con información para localizar canteras de depósitos de sedimentos ya sea para su aprovechamiento o para realizar diversos estudios.
- **Capítulo 2: Marco Teórico.** Se desarrolla antecedentes, base teórica, marco conceptual relacionado a los indicadores de nuestra variable para desarrollar conceptos para su análisis en la operacionalización de variables desarrollando los conceptos de cada indicador y variable para determinar la relación que se tiene con la investigación para la determinación de depósitos de sedimentos en la cuenca de Yucaes. Donde definiremos conceptos básicos como longitudes de onda, reflectancia, índices espectrales, imágenes Landsat, Aster, teledetección o sensing remote, clasificación no supervisada, clasificación supervisada, herramientas para la clasificación no supervisada de aprendizaje automatizado, etc.
- **Capítulo 3: Metodología de Investigación.** Enfoque, Alcance, Diseño de investigación, Población y Muestra, Hipótesis, Operacionalización de variables, Técnicas e Instrumentos, Desarrollo del trabajo de tesis donde contamos con un alcance de investigación descriptivo para estimar los depósitos de sedimentos desde la obtención de las imágenes satelitales a partir de los sensores de satélites como OLI y ASTER creando índices espectrales y el tipo de investigación a realizar será cuantitativo porque se calculará y procesará los valores de las longitudes de onda en el fenómeno de reflectancia para los valores determinados de la clasificación, y el diseño de investigación será transeccional o transversal según Hernández Sampieri porque la recolección de datos a realizarse para la investigación se tomará en un solo momento de la investigación.
- **Capítulo 4: Análisis de resultado de la investigación.** Los resultados determinados por la teledetección para depósitos de sedimentos varían entre los rangos establecidos en la tabla 11 pero las escenas de las imágenes satelitales varían dependiendo de la multitemporalidad y multiespacial para la teledetección de sedimentos por lo que en algunas imágenes satelitales varían según el tiempo obtenido para las imágenes satelitales por lo que los valores determinados en la tabla 11 varían de acuerdo al tiempo que se obtuvo la imagen satelital donde los resultados tienen márgenes de error por diversos factores ya sea por corrección atmosférica, nubosidad, sombras y calibración radiométrica pero los rangos, de los índices espectrales muestran una tendencia creciente a medida que la textura de la arena de río cambia de fina

a media y gruesa , Las regiones de Yucaes muestran pixeles más notorios para las texturas fina, media y gruesa de la arena solo así detectan por lo que los depósitos de sedimentos en la cuenca de Yucaes no son tan extensos como en otros ríos grandes como el río Apurimac donde los sedimentos son arrastrados en mayor cantidad para la comparación y validación se tuvo datos de teledetección de texturas de granos del río Apurimac para compararlos con los sedimentos del río Yucaes.

Tabla 1: Tamaño de textura los depósitos de sedimentos de Yucaes

Análisis de textura de los 3 índices espectrales									
Grain size	GSI			Grain Index			Sand index 3		
Tamaño de grano	Min	Max	Medio	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
grueso	0.25	0.29	0.27	-0.37	-0.34	-0.36	1.06	1.09	1.08
Medio	0.07	0.33	0.23	-0.59	-0.32	-0.41	1.02	1.09	1.06
Fino	0.01	0.14	0.06	-0.72	-0.5	-0.62	1	1.05	1.02

- **Conclusiones y recomendaciones.** Presentamos las conclusiones de nuestros resultados a partir de la realización de muchos cálculos y realización de muchas mapas utilizando diferentes métodos para el análisis de la determinación de depósitos de sedimentos para la cuenca de Yucaes y para la clasificación de Usos y Coberturas de suelos los resultados son utilizados tomando la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada con técnica de aprendizaje automatizado y entrenado para la determinación de las mapas de clasificación de Yucaes tomando el número de clases de 4 para cuerpos de agua, áreas construidas, suelos y vegetación que son los objetos con mayor incidencia en la determinación de usos y coberturas de suelos, después de analizar las diferentes mapas se llega a la conclusión de los resultados validando con otros trabajos realizados en algunos papers aplicados a otras cuencas donde existen sedimentos de donde podemos detectar los depósitos con los valores de los índices espectrales creados e interpretados el rango de valores que tiene los píxeles para determinar la cantidad de área que se tienen para los diferentes tamaños de granos de sedimentos. De la tabla N°12 podemos concluir que tenemos 3 índices espectrales creados para la determinación de las canchales de sedimentos a lo largo del río y de la cuenca de Yucaes como son : Grain size index (GSI), Grain index y Sand Index y los valores en la tabla N°12 nos determinan que entre los intervalos de valores se encuentran determinados los sedimentos como se muestran en los mapas de la Figura N°64, 69, 70, 71 y 72 para la teledetección de sedimentos.
- **Referencias bibliográficas.** Presentamos información de los materiales consultados, citados durante el desarrollo de la tesis. Para la presente investigación se tomó un gran cantidad de papers y tesis relacionados al Sensing remoto o teledetección satelital de objetos a partir

del fenómeno de reflectancia con longitud de onda espectral , la fuente bibliografica que se tiene mayormente son paper de diferentes partes del mundo aplicados en diferentes áreas de la ingeniería como son ambiental, agronómica, civil, geológica, agroforestal, geográfica, etc, gracias al avance tecnológico a los programas se pueden explorar sui generis.

- **Anexos.** Sea anexará la matriz de consistencia de la investigación Estimación de depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022

En primer lugar dedicar Al Dios altísimo por darme la vida y permitirme continuar en la sendas de la Vida para poder aportar con esta presente investigación.

A mis queridos padres Agripino Aguado Tudelano y Lidia Carhuapoma Huamani que me iluminan y me guían desde el cielo quienes fueron mi motor y motivo para cumplir mis sueños a ellos les debo la profesión que tengo, quiero agradecer también a mis hermanos por su apoyo incondicional en la concretización de la presente investigación a Adela Aguado Carhuapoma, Lucíla aguado carhuapoma, Zenovia aguado carhuapoma y Donato aguado carhuapoma siempre les tengo en mi corazón por el aliento y la confianza y la fuente de motivación que son para mí.

Agradecimientos

A todos mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de mi alma mater la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga por contribuir en mi formación académica e impartir conocimientos para mi formación profesional.

Al Msc. Ing. Edwin Carlos, GARCIA SAEZ , por apoyarme y confiar en mi persona para asesorarme la presente investigación, por sus sugerencias, recomendaciones, apreciaciones y por brindarme la información necesaria para la formulación del presente trabajo y sobre todo por la motivación que impartió en mi persona..

A mis jurados el Msc. Ing. Jaime Leonardo, BENDEZÚ PRADO y Msc. Ing. Moisés Nico, BARBARÁN ORIUNDO, por todo el apoyo y consejos brindados durante la revisión de este trabajo de Investigación.

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Ayacucho, 2023

Ismael Eloy AGUADO CARHUAPOMA

Índice general

Resumen	i
Introducción	iii
Dedicatoria	vi
Agradecimientos	viii
Índice de figuras	xii
Índice de tablas	xvi
Glosario	xvii
Acrónimos	xix
Símbolos	xx
1 Planteamiento del problema	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Delimitación del problema	2
1.2.1 Espacial	2
1.2.2 Temporal	6
1.2.3 Temática y unidad de análisis	6
1.3 Formulación del problema	6
1.3.1 Problema general	6
1.3.2 Problemas específicos	6
1.4 Justificación e importancia	7
1.5 Limitaciones o restricciones	7
1.6 Objetivos	7
1.6.1 Objetivo general	7
1.6.2 Objetivos específicos	7
2 Marco teórico	8
2.1 Antecedentes	8
2.1.1 Investigaciones internacionales.	8
2.2 La teledetección	8
2.2.1 Radiación electromagnética y espectro electromagnético	9

2.2.2	Tipos de teledetección	10
2.2.3	Interacción de la energía electromagnética con la superficie terrestre	11
2.2.3.1	Reflexión	11
2.2.3.2	Trasmisión	12
2.2.3.3	Firma espectral	12
2.2.3.4	Refracción	14
2.2.4	Características de reflectancia de los tipos de cobertura de la Tierra	14
2.2.4.1	Vegetación	14
2.2.4.2	Agua	14
2.2.4.3	Suelo	14
2.2.5	Sensores de teledetección	15
2.2.5.1	Resolución	15
2.2.5.2	Resolución espacial	15
2.2.5.3	Resolución espectral	16
2.2.5.4	Resolución radiométrica	16
2.2.5.5	Resolución temporal	16
2.2.6	Índices para clasificar imágenes satelitales	16
2.2.6.1	Índice de cuerpos de agua y contenido de agua en las plantas	16
2.2.6.2	Índice de agua de diferencia normalizada modificada (MNDWI)	17
2.2.6.3	Índices para áreas construidas(NDBI)	18
2.2.6.4	Índice construido basado en índices(IBC)	19
2.2.6.5	Índices para vegetación	19
2.2.6.6	Índices de vegetación Mejorada	20
2.2.6.7	Índices para áreas de suelos húmedos	21
2.2.6.8	Índices para textura de suelos	21
2.2.7	Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A	22
2.2.8	MOD11A1.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km	25
2.2.9	USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1	28
2.3	Machine learning en Clasificación	30
2.3.1	El algoritmo k-means	30
3	Método de la investigación	33
3.1	Enfoque.	33
3.2	Alcance	33
3.3	Diseño de investigación	33
3.4	Población y muestra	33

3.4.1 Población	33
3.4.2 Muestra	34
3.5 Hipótesis	34
3.5.1 Hipótesis general	34
3.5.2 Hipótesis específicas	34
3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	34
3.6.1 Variables e indicadores	34
3.7 Técnicas e instrumentos	35
3.7.1 Técnicas	35
3.7.2 Instrumentos	35
3.8 Desarrollo del trabajo de tesis	35
4 Resultados	67
5 Conclusiones	68
Conclusiones	68
5.1 Conclusiones	68
Conclusiones	68
5.2 Recomendaciones	69
Recomendaciones	69
5.3 Trabajos futuros	69
Trabajos futuros	69
Referencias Bibliográficas	70
A ANEXO	73
A.1 Matriz de consistencia	79
A.2 Matriz de operacionalización de variables	80

Índice de figuras

Figura 1	Ubicación localización del distrito de Tambillo-Cuenca Yucaes.	3
Figura 2	Delimitación de la cuenca de Yucaes para los diferentes tipos de archivos. . . .	4
Figura 3	Onda electromagnética tiene dos componentes campo eléctrico (E) y campo magnético(M) ambos perpendicular a la dirección de propagación.	9
Figura 4	Interacción de la energía con la superficie terrestre	11
Figura 5	Diferentes tipos de superficies de dispersión (a) Reflector especular perfecto (b) Reflector especular casi perfecto (c) Lambertain (d) Quasi-Lambertian (e) Complejo.	12
Figura 6	Curvas típicas de reflectancia espectral para la vegetación, el suelo y el agua . .	13
Figura 7	Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A.	23
Figura 8	MOD11A1.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km	26
Figura 9	Formato de imagen TIFF para LANDSAT8	29
Figura 10	Utilización de Machine learning con el algoritmo de K-Means en la clasificación de clústeres y /o clases en la clasificación no supervisada	32
Figura 11	Mapa Geológica determinado por la FAO Y clasificado por el sistema USDA para la formación geológica y el tipo de suelo	36
Figura 12	Reflectancia de las clases según su longitud de onda	37
Figura 13	Clasificación Supervisada para la clasificación de Usos de suelos y Coberturas de suelo	38
Figura 14	Clasificación no Supervisada para la clasificación de Usos de suelos y Coberturas de suelo	39
Figura 15	Imagen landsat7 del 01/06/2000 al 01/07/2000 para la cuenca de Yucaes	40
Figura 16	Bandas de Landsat 7 para la cuenca de Yucaes	40
Figura 17	Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	41
Figura 18	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	41
Figura 19	Landsat7 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	42
Figura 20	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	42

Figura 21	Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	43
Figura 22	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	43
Figura 23	Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	43
Figura 24	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	44
Figura 25	Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	45
Figura 26	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	45
Figura 27	Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	45
Figura 28	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	45
Figura 29	Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	46
Figura 30	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	46
Figura 31	Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	46
Figura 32	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	46
Figura 33	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	47
Figura 34	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	47
Figura 35	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	48
Figura 36	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	48
Figura 37	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	49
Figura 38	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	49
Figura 39	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	50
Figura 40	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	50
Figura 41	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	51
Figura 42	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	51
Figura 43	ASTER para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	52
Figura 44	ASTER para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	53
Figura 45	ASTER para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	53
Figura 46	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	53
Figura 47	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	53
Figura 48	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	54
Figura 49	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	54
Figura 50	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	54

Figura 51	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	54
Figura 52	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	55
Figura 53	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	55
Figura 54	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	56
Figura 55	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	56
Figura 56	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	57
Figura 57	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	57
Figura 58	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	58
Figura 59	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	58
Figura 60	bandas de ASTER para creación de índices espectrales	59
Figura 61	Longitud de onda de los índices espectrales de ASTER	59
Figura 62	Longitud de onda de los índices espectrales de ASTER	60
Figura 63	Longitud de onda de los índices espectrales de ASTER	60
Figura 64	Sand Index para la cuenca de Yucaes	61
Figura 65	Apilamiento de Bandas ASTER con ENVI	62
Figura 66	Bandas apiladas de ASTER para la cuenca Yucaes	63
Figura 67	Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000	63
Figura 68	Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes	63
Figura 69	Creación del Grain Index	64
Figura 70	creación del Grain Index del río Apurimac para la validación	65
Figura 71	creación del Grain Index para el punto de aforo	66
Figura 72	creación del Grain Index par ala cuenca de Yucaes	66
Figura 73	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	73
Figura 74	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	73
Figura 75	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	74
Figura 76	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	74
Figura 77	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	75
Figura 78	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	75
Figura 79	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	76

Figura 80	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	76
Figura 81	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	77
Figura 82	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	77
Figura 83	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	78
Figura 84	depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes	78

Índice de tablas

Tabla 1	Tamaño de textura los depósitos de sedimentos de Yucaes	iv
Tabla 2	Características físicas y parámetros morfométricos de la cuenca de Yucaes . . .	5
Tabla 3	División principal de los espectros electromagnéticos	10
Tabla 4	Tabla para las bandas de Sentinel	24
Tabla 5	Código de colores y descripción para Sentinel	24
Tabla 6	Tablas para las bandas de MODIS	27
Tabla 7	Resolución espacial y espectral de las bandas de Lansad8	28
Tabla 8	Variables e Indicadores.	35
Tabla 9	Valores de las bandas de Landsat	40
Tabla 10	Valores de las bandas de Landsat	41
Tabla 11	Valores de las bandas de Landsat para la cuenca de Yucaes	42
Tabla 12	Tamaño de textura los depósitos de sedimentos de Yucaes	67
Tabla 13	Matriz de consistencia	79
Tabla 14	Matriz de operacionalización de variables	80

Glosario

Supervised: Aprendizaje supervisado por clasificación Consiste en que el algoritmo trata de etiquetar a los ejemplos eligiendo entre 2 o más clases. Utiliza la información aprendida de los datos de entrenamiento para elegir la etiqueta correcta..

Unsupervised: Los métodos no supervisados (unsupervised methods) son algoritmos que basan su proceso de entrenamiento en un juego de datos sin etiquetas o clases previamente definidas. Es decir, a priori no se conoce ningún valor objetivo o de clase, ya sea categórico o numérico son aleatorios..

Entrenamiento: El aprendizaje no supervisado es el entrenamiento de modelos de datos sin procesar y sin etiquetar. Como el nombre indica, el aprendizaje automático no supervisado no necesita tanta intervención humana comparado con el aprendizaje supervisado..

Firma Espectral: Las firmas espectrales o signatures espectrales, muestran el perfil específico de radiancia emitida por diferentes elementos situados en la superficie de la tierra.

Reflectancia: se refiere a una fracción de la radiación solar incidente reflejada de una superficie o un cuerpo..

Sensor satelital: Se trata de un sensor pasivo que proporciona imágenes tanto ópticas como térmicas ..

Shapefile: Un shapefile es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas.

Machine learning: Es un aprendizaje Automatizado es un rama de la inteligencia artificial.

Maximun Likelihood: Es un método de estimación estadística de los parámetros de una supuesta distribución probabilística dato algunos datos observados.

Minimun distance: Este método es una técnica para clasificación de imagenes supervisadas, se considera la distancia media de las afirmas de la dataset y los valores de los pixeles i es calculado banda por banda donde se calcula la distancia total de la imagen..

Neural Net: Son utilizados para la caracterización de las características son muy simiolares a a ladiagnosis de redes responde a patrones de entradas para hallar el valor esperado..

Mahalanobis distance: Es un clasificador de distancia sensible a la dirección que utiliza estadísticas para cada clase, es similar a la clasificación de Maximun Likelihood, pero asume que todas las covarianzas de clase son iguales y, por lo tanto, es un método más rápido..

Datos estimados: Son datos calculados estadísticamente o con algún modelos matemático o computacional.

Parámetros morfométricos: Son las características físicas de las cuencas como el área , el perímetro, la altitud , etc.

Spectral Angle Mapper: Es un método automático para direccionar comparando imágenes espectrales a espectros conocidos.

Rásteres: Tipo de formato que guarda información geográfica formado por muchas celdas de diferentes resoluciones.

Descenso por gradiente: Es un algoritmo que estima numéricamente donde una función genera sus valores más bajos que tiende a converger la función.

Tendencia: Es el ajuste de los datos a la curva que éstos forman y se pueden proyectar en función al comportamiento de los datos.

Normalización: Es la operación de series de tiempo transformado en normal con rango de 0 a 1.

Acrónimos

ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BVA	Visual Basic for Application
DEM	Digital Elevation Model
EVI	Enhanced Vegetation Index
GEE	Google Earth Engine
GIS	Geographic Information system
GSI	Grain Size Index
IBI	Index based Built Up
NDBI	Normalized Difference Built-up Index
NDVI	Normalized difference vegetation Index
NDWI	Perímetro
NDWI	Normalized Difference Water Index
NMSE	Normalized mean square error
PISCO	Peruvian Interpolated Data of the SENAMHI Climatological and Hydrological
SD	Desviación standar
Shp	Shapefile
SIG	Sistema de información Geográfica
SWIR	Short Wave Infrared
TIR	Thermal Infrared
UGL	Un Grado de Libertad
um	Micrómetro
USGS	United States Geological Survey
VNIR	Visible Near Infrared

Símbolos

m	Metro
A	Área de la Cuenca
P	Perímetro de la cuenca
H	Altitud de la cuenca
$SR - B2$	Banda Blue de Landsat
$SR - B3$	Banda Green de Landsat
$SR - B4$	Banda Red de Landsat
S	Pendiente media de la cuenca
UV	Ultravioleta
um	Micrómetro
Q	Energía quantum
h	Constante de planck's
c	Velocidad de la luz
λ	Longitud de onda
f	Frecuencia
u_i	Valor medio
$E_A(\lambda)$	Energía Absorbente
$C1$	Coefficiente de resistencia a los de aerosoles
$C2$	Coefficiente de resisitencia a los aerosoles mitigan reflectancia
$B1$	Aerosol
β	Coefficientes de regresión lineal
$\hat{\beta}_i$	Coefficientes de regresión lineal esetimado
K	Número de Centroides
S_i	Conjunto de datos
SCR	Suma de cuadrados residuales

SCT	Suma de cuadrados totales
L	Longitud total de la corriente
S_m	Pendiente media del cauce principal
I_p	Indice de pendiente

“Empieza por el principio,” – dijo el Rey con gravedad – “y sigue hasta llegar al final; allí te paras.”

– Lewis Carroll, *Alice in Wonderland*

1 Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

El problema es que nuestro país no cuenta con áreas clasificadas y mapas de coberturas de suelos y usos de suelos como lo tienen los EE.UU pero si tenemos acceso a la información de la base de datos de la NASA (National administration space aeronautics) y la USGS (United states geological survey) para poder realizar mapas y procesar información geográfica, pero tampoco contamos con mapas de áreas de sedimentos sobre el país mucho menos sobre la cuenca de Yucaes, muchas veces los estudios hidrológicos, ambientales, forestales, agronómicos, etc necesitan de estas mapas para poder realizar proyectos de infraestructuras de cultivos, impacto ambiental, deforestación, etc por ejemplo los modelamientos de los ríos en las cuencas necesitan conocer en que tipos de suelos y coberturas de suelos se realizará el tránsito de avenidas para poder calcular el caudal de diseño para diseñar estructuras hidráulicas es por ello que la presente investigación viene enfocado a encontrar las zonas o áreas de sedimentación en la cuenca de Yucaes con el punto de aforo en el puente chacco.

Muchas veces los depósitos de sedimentos incrementan el lodo de los huaycos y en una inundación aporta a la destrucción e invasión de áreas de cultivos y áreas construidas por ello es importante conocer y determinar las zonas donde se tienen mayores depósitos de sedimentos; además los problemas para el modelamiento hidrológico con HEC-HMS y el HEC-RAS para el modelo precipitación-escorrentía para calcular los niveles de agua y espejos de agua y el tránsito de avenidas muchas veces necesita conocerse los depósitos de sedimentos de río ya que no es lo mismo modelar un río con sedimentos y sin sedimentos porque no sería igual la medida del caudal de diseño porque el modelamiento con transporte de sedimentos tiene una representación mas real del río que refleja a la cuenca de estudio por ello es necesario determinar las zonas de depósitos de sedimentos utilizando teledetección satelital a través de procesamiento y cálculos de índices con aprendizaje no supervisado de imágenes satelitales donde se clasificarán y seleccionarán que tipos de suelos y que coberturas se encontraran en la cuenca para obtener el caudal de diseño para la construcción de alguna estructura hidráulica .

Para calcular el caudal de diseño por el método SCS (Soil conservation service) se necesitan conocer los usos de suelos y cobertura de suelos y de esa manera determinar los números de curvas que

solicita el método de la SCS (Soil conservation service) el problema es el cálculo de los usos y cobertura de suelo es por ello que la presente investigación aporta a solucionar este problema utilizando la teledetección satelital para determinar que tipos de suelo y usos de suelos se encuentran dentro de la cuenca de Yucaes y de esa manera determinar los números de curvas (CN).

No existe un mapeo en la cuenca donde este organizado las clases/ clústeres para determinar que usos de suelos y coberturas de suelos tenemos para poder determinar las áreas que pertenecen a los sedimentos y esto en gran parte depende del uso de la tecnología y uso de la computación basado en el sistema de información geográfico (SIG) hace un tiempo la tecnología era rudimentaria y no se podían determinar la programación para clasificar los elementos de las imágenes satelitales pero actualmente el uso sofisticado de datos y técnicas con información ambiental hacen de la visualización espacial datos más eficiente dando la oportunidad para presentar análisis complejos y administración de base de datos virtualmente reemplazando el dibujo manual de mapas de polígonos con un sistema de información de suelos (Padarian et al. 2015).

1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Espacial

El trabajo se llevará a cabo en la región de:

Departamento: Ayacucho

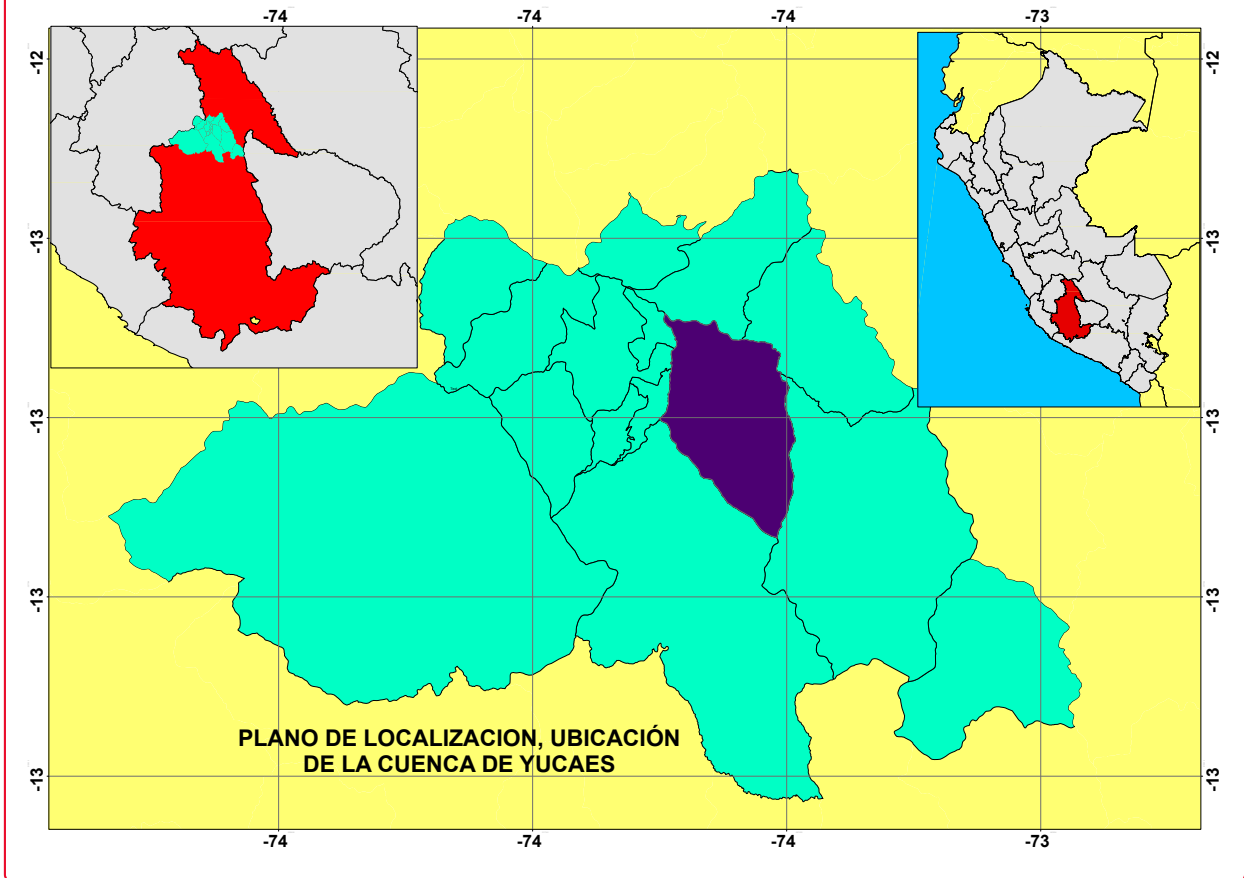
Provincia: Huamanga

Distrito: Tambillo

Cuenca: Yucaes

Figura 1

Ubicación localización del distrito de Tambillo-Cuenca Yucaes.

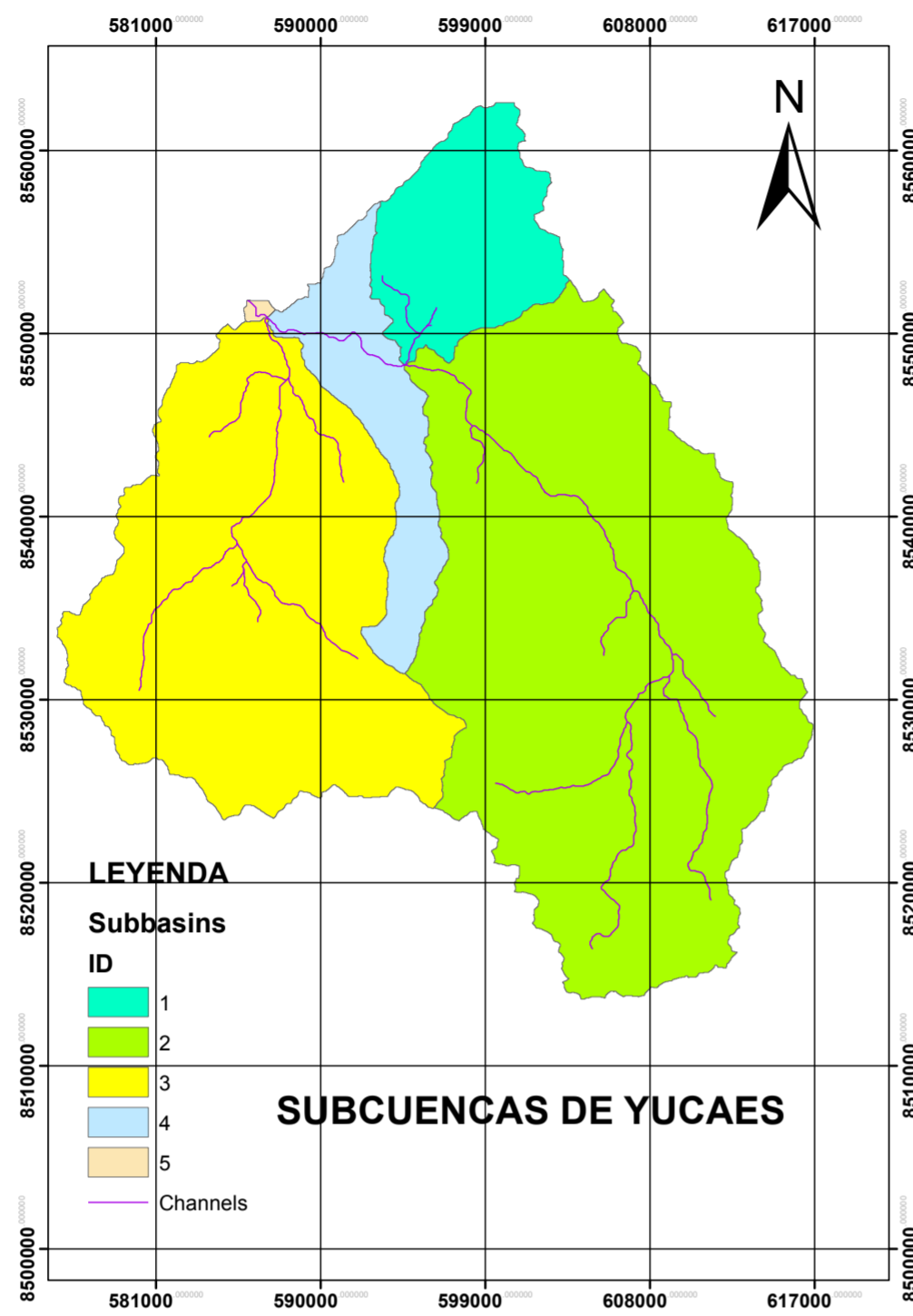


Fuente: Elaboración propia

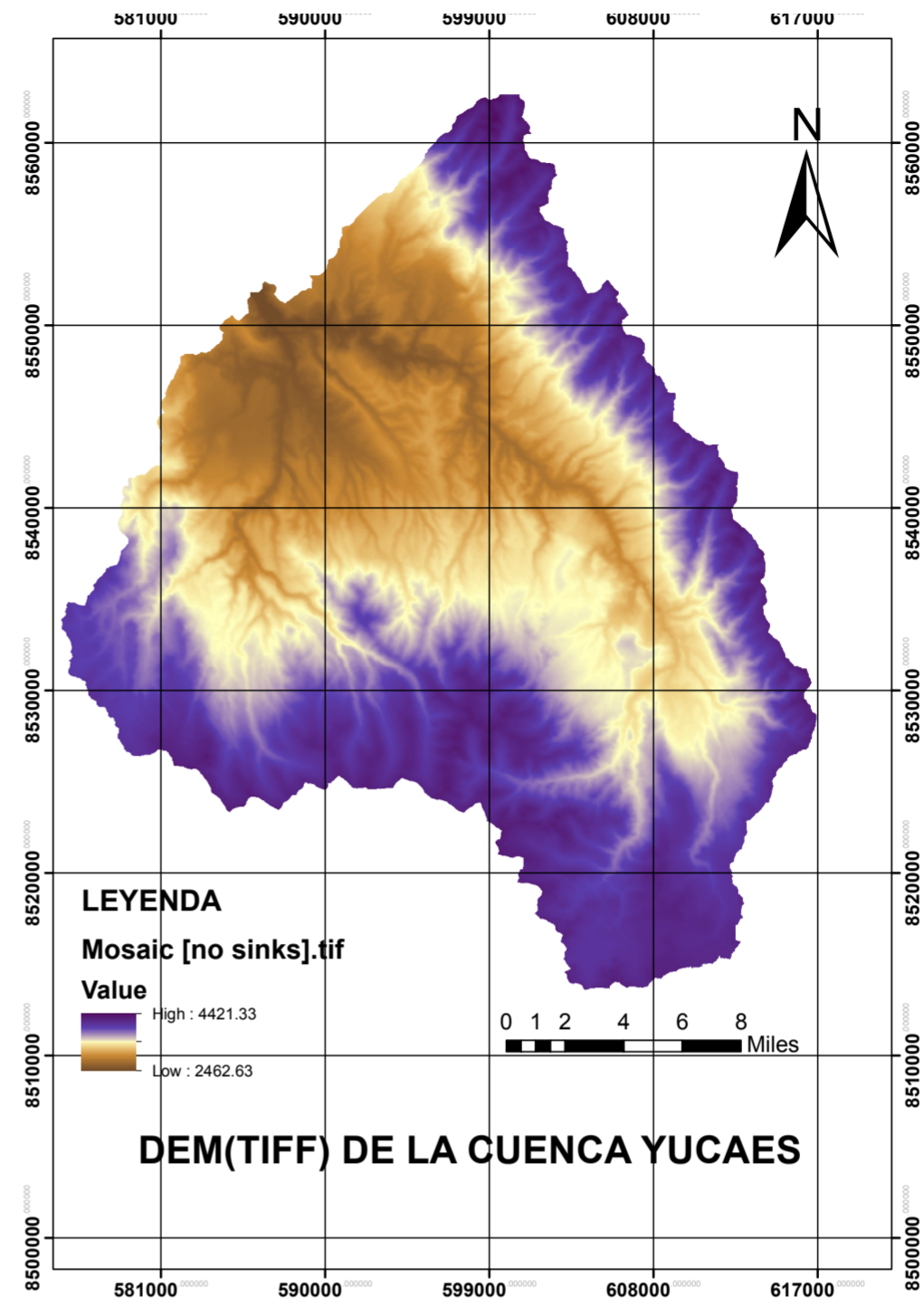
El presente trabajo esta parametrizado y se desarrolla en la cuenca de Yucaes con el punto de interés y salida de la cuenca en el punto de aforo E(585993), N(8551815) ubicado en el puente Chacco del río Yucaes donde detallamos todas las características físicas de la cuenca y los parámetros morfométricos descritos en la Tabla N°01 y como se puede observar en la figura N°01 la cuenca, la subcuenca, la red hídrica, el DEM de la cuenca y el formato polígono de shapefile para delimitar la cuenca de Yucaes.

Figura 2

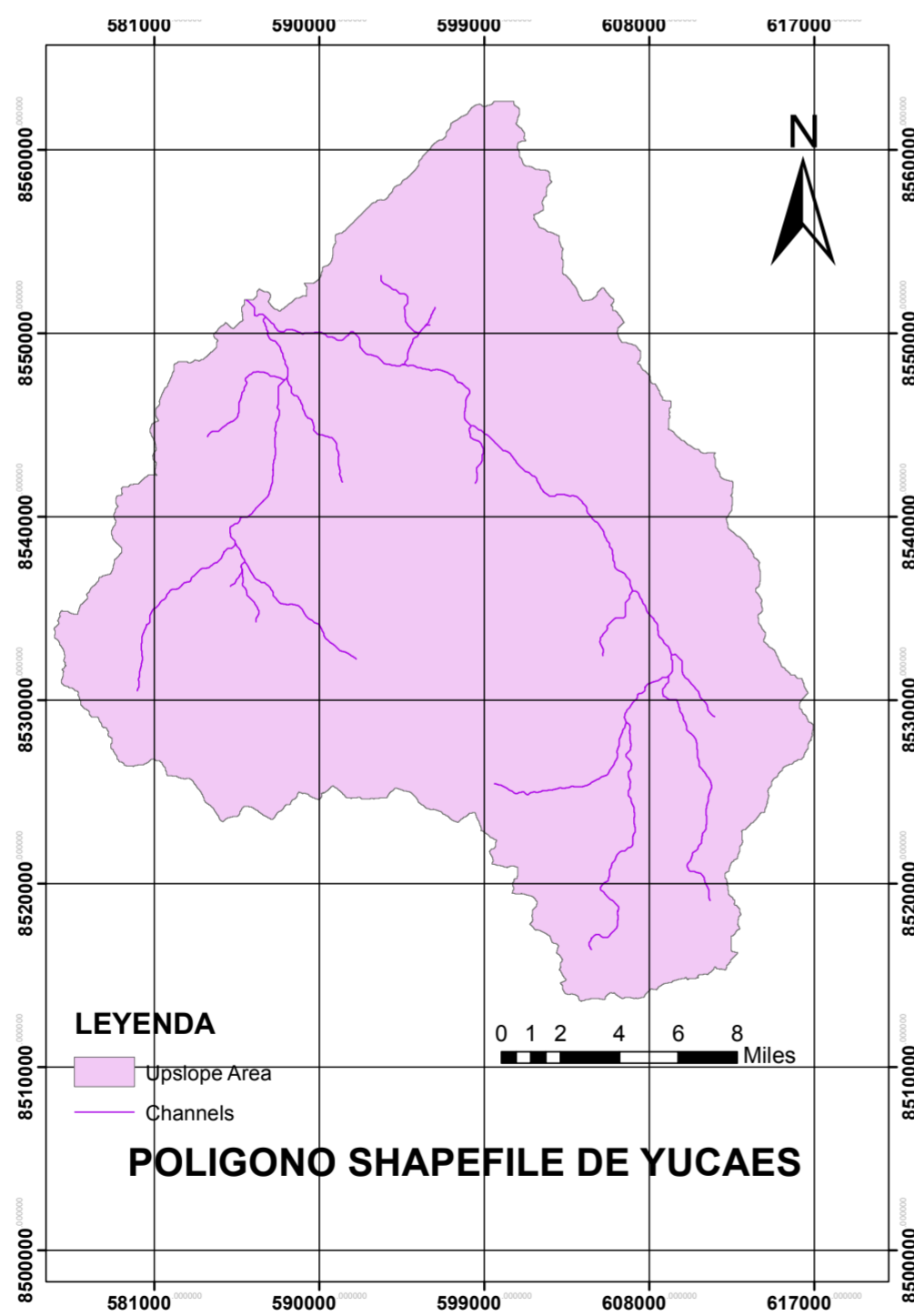
Delimitación de la cuenca de Yucaes para los diferentes tipos de archivos.



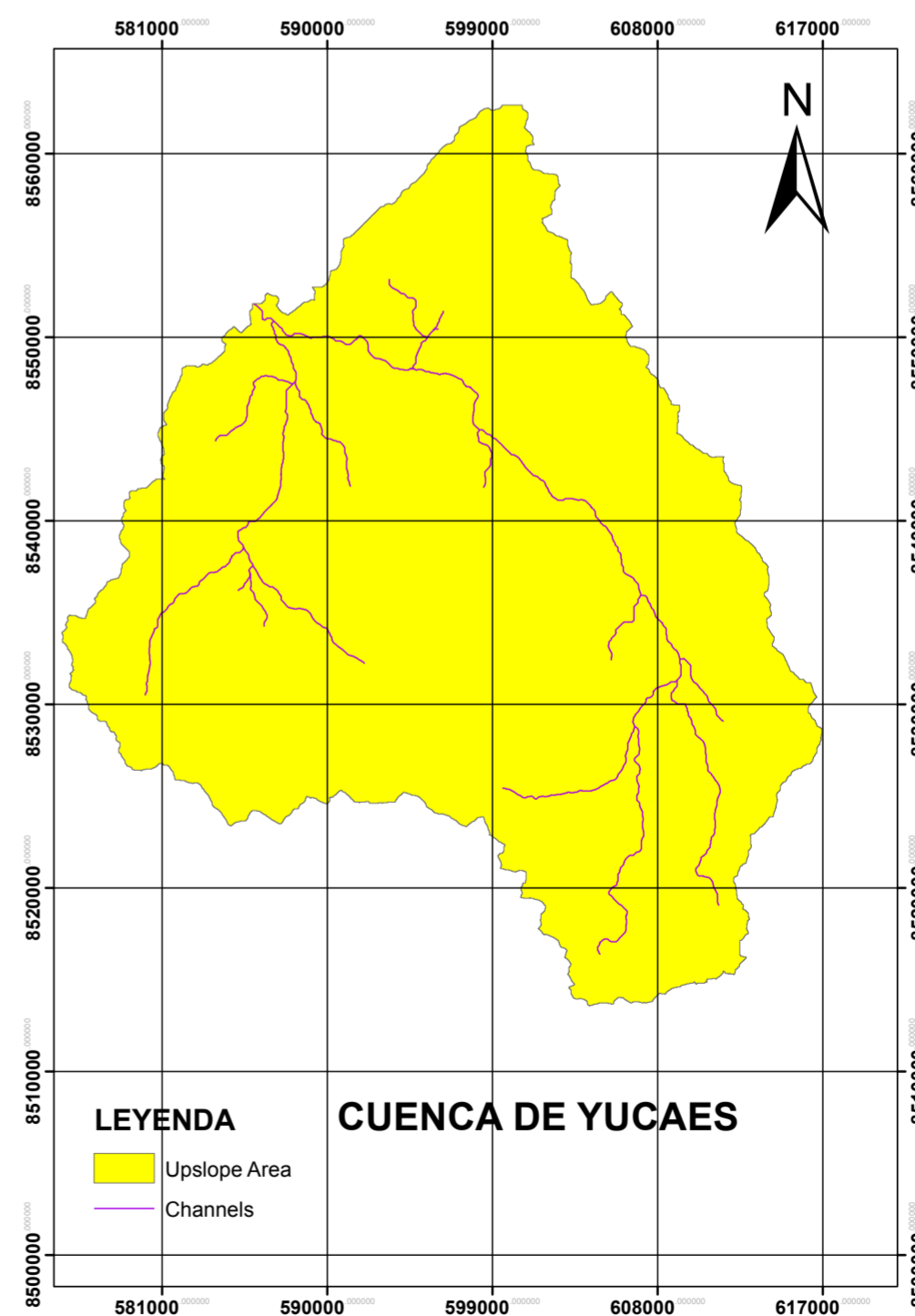
(a) Subcuencas de Yucaes



(b) Formatos TIFF para la cuenca de Yucaes



(c) Shapefile de la cuenca de Yucaes



(d) Delimitación de la cuenca de Yucaes

Fuente: fuente a.

Características físicas y parámetros morfométricos de la cuenca de Yucaes

Son todos los parámetros que nos indican a cerca de toda la cuenca de Yucaes donde se realizará la investigación tomando en cuenta nuestra área de estudio para enmarcar nuestra investigación y clasificar los usos de suelos y coberturas de suelos.

Tabla 2: Características físicas y parámetros morfométricos de la cuenca de Yucaes

X(Salida)	Y(Salida)	Centroide de la cuenca(Este)	Centroide de la cuenca(Norte)
585962	8551846	597370	8536749
Rectángulo que contiene la cuenca de N-O	Rectángulo que contiene la cuenca de S-E	Área de la cuenca (Km²)	Perímetro de la cuenca (Km)
('575530.5', '8562680.5')	('616977.5', '8513576.5')	1109.931456	189.6153805
Máx. Elevación	Mín. Elevación	Diferencia de elevación	Elevación media(m)
4424.864	2458	1966.864	3527.36
Pendiente media	Longitud de vector dirección (Km)	Grado de orientación	Coefficiente de compacidad
14.59	18.92837066	0.923281459	5.043945934
Relación de circularidad	Diámetro topológico	Relación de elongación	Factor de forma
0.387934943	88	0.603461457	17.81732727
Tiempo de concentración(hr)	Long. De canal principal(Km)	Pendiente media del canal principal(%)	Longitud media de la ladera(m)
6.389754658	62.29505912	2.918326733	549.2245
Mgnitud	Máxima orden Strahler	Número de corrientes	Long. Total de la corriente(Km)
174	5	259	780.9223
Primer orden de frec. de corriente	Densidad de drenaje(Km/Km²)	Relación de bifurcación (Horton)	Relación de longitud(Horton)
0.156766437	0.703577051	3.7802	1.5996
Relación de área(Horton)	Relación de pendiente(Horton)		
4.2758	1.7544		

Fuente: Elaboración Propia tomado de GRASS GIS del complemento de Rbasin wikipedia

1.2.2 Temporal

El trabajo se desarrollará entre los meses de diciembre del 2021 a marzo del 2022 tiempo donde se desarrollará la investigación para la determinación de áreas de usos de suelos y coberturas de suelos predominantemente las áreas donde se encuentran los depósitos de sedimentos de río Yucaes en la cuenca que lleva el mismo nombre.

1.2.3 Temática y unidad de análisis

La unidad de análisis que se va utilizar en la investigación son los depósitos de sedimentos de la cuenca del río Yucaes donde la temática es encontrar el índice de clasificación no supervisada utilizando herramientas de Machine learning, Deep learning e Inteligencia artificial para calcular clústeres y/o clases para determinar las áreas de depósitos de sedimentos de la cuenca Yucaes para determinar el mapeo de áreas de sedimentos y areas de no sedimentos en la cuenca de Yucaes para ello se utilizara el aprendizaje automatizado (Machine Learning)y posteriormente la validación y determinación del número de clústeres óptimo para la clasificación no supervisada en la cuenca. la unidad de análisis es la obtención de índices de clasificación no supervisada de clase/ clústeres de las imágenes satélites ubicados dentro de la cuenca de Yucaes predominantemente el índice para la clasificación de depósitos de sedimentos del río Yucaes.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cómo se pueden estimar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022?

1.3.2 Problemas específicos

- ① ¿Se pueden utilizar sensores satelitales OLI, TIR de Landsat y sensores Aster para determinar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022.?
- ② ¿Se pueden calcular índices espectrales de depósitos de sedimentos de la cuenca Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022
- ③ ¿Se pueden comparar las mapas realizadas para los usos y coberturas de suelos con la clasificacion supervisada y la clasificación no supervisada en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022 ?

1.4 Justificación e importancia

Se justifica porque se va determinar el índice espectral de las imágenes satelitales para determinar la clasificación de los depósitos de sedimentos utilizando las técnicas del Machine learning con la clasificación no supervisada del k-mean para realizar nuestras mapas de coberturas de suelos, usos de suelos y de depósitos de sedimentos.

1.5 Limitaciones o restricciones

Las limitaciones que se tiene en la presente investigación son la escasez de información de escenas de imágenes satelitales temporales y espaciales por lo que para la presente investigación se ha concluido con las pocas imágenes encontradas, la resolución de las imágenes satelitales son desde los 15 m hasta los 30 m para resolución espacial, los lenguajes de programación para el procesamiento de la información no son de código abierto en algunos casos y en otros si de libre disponibilidad como el Google Earth Engine, y las extensiones que utilizan estos programas son únicos y conseguir información para esa extensión es escaso.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Estimar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022.

1.6.2 Objetivos específicos

- ① Utilizar sensores satelitales OLI, TIR de Landsat y sensores de Aster para determinar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022.
- ② Calcular índices espectrales de depósitos de sedimentos de la cuenca Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022
- ③ Comparar las mapas realizadas para los usos y coberturas de suelos con la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022 .

“El aspecto más triste de la vida actual es que la ciencia gana en conocimiento más rápidamente que la sociedad en sabiduría.”

— Isaac Asimov

2 Marco teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Investigaciones internacionales.

Según (Biswas et al. 2020) El ciclo hidrológico no solo tiene profundo impacto en el cambio climático global si no es la fuente de física de transportes de sedimentos con el movimiento del agua desde altas altitudes hacia bajas altitudes, donde la energía potencial es transformada a la energía cinética induciendo el movimiento de sedimentos para los depósitos en los ríos. En los tiempos recientes el manejo de datos con técnicas de Machine learning han estado empleado en el modelamiento y la proyección de sedimentos, además el enfoque de la aplicación de aprendizaje no supervisado o la detección remota para pronósticos de depósitos de sedimentos no existen mucho con frecuencia es donde se utilizará

Según (Kalantari et al. 2019) La destrucción de las inundaciones es importante en la transportación de sedimentos en carreteras puentes es necesario el planeamiento para poder soportar la corriente y posible manejo a futuro del clima en incremento en la frecuencia de inundaciones y magnitudes donde la sensibilidad remota desarrolla un enfoque a predecir modelo estadístico de la probabilidad donde el agua, sedimentos y escombros pueden acumularse y causar fallas en la instalación de drenaje y asociar a destrucción de carreteras, los aspectos de topografía, morfología, tipo usos de suelo hidrología y conectividad de los sedimentos en el agua contribuyen a la cuenca y estos son usados para predecir el modelo de la inundación y es para integrar las características espacio temporal de la teledetección de suelos húmedos en índices de conectividad de sedimentos.

2.2 La teledetección

La teledetección llamado también observación de la tierra referido a obtener información acerca de los objetos o áreas de la superficie de la tierra utilizando imágenes satelitales con sensores y bandas para recabar información. Las técnicas de teledetección permiten tomar imágenes de la superficie terrestre en varias regiones de longitud de onda del espectro electromagnético (EMS), Algunas de las imágenes representan la radiación solar reflejada en las regiones visible e infrarroja cercana del espectro electromagnético, otras son las mediciones de la energía emitida por la propia superficie terrestre es decir, en la región de la longitud de onda del infrarrojo térmico.

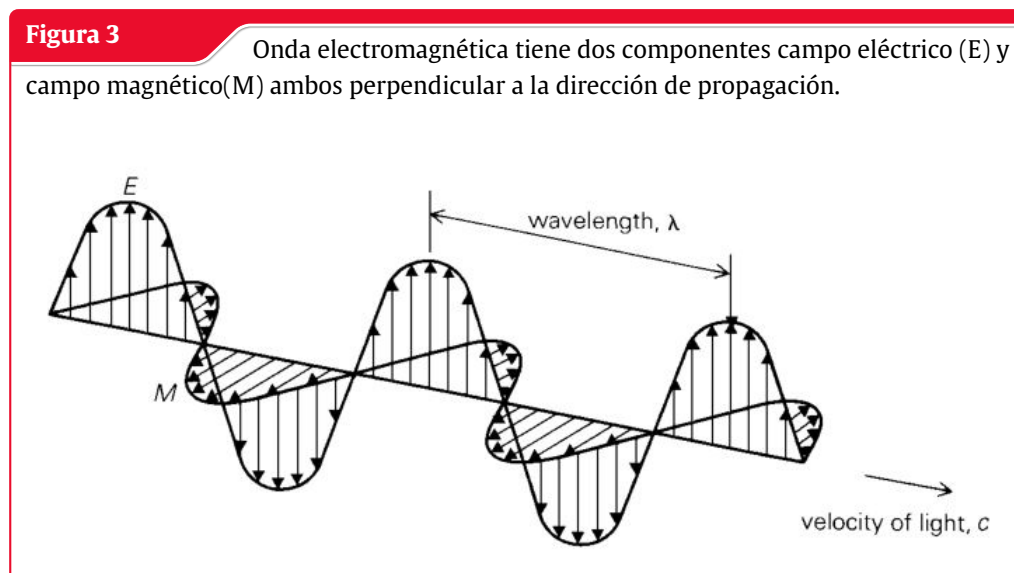
La energía medida en la región de las microondas es la medida del retorno relativo de la superficie

terrestre, donde la energía se transmite desde el propio vehículo. Esto se conoce como teledetección activa, ya que la fuente de energía es proporcionada por la plataforma de teledetección. Mientras que los sistemas en los que las mediciones de teledetección dependen de la fuente de energía externa, como el sol, se denominan sistemas de teledetección pasiva.

2.2.1 Radiación electromagnética y espectro electromagnético

Según (Sivakumar et al. 2004) la radiación electromagnética es una forma dinámica de energía que se propaga como movimiento ondulatorio a velocidad de $c = 3 \times 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$. Los parámetros que caracterizan el movimiento ondulatorio es la longitud de onda (λ), frecuencia(ν) y velocidad(c) la relación entre los anterior es:

$$c = \nu \cdot \lambda \quad (2.1)$$



Fuente: (Sivakumar et al. 2004)

La energía electromagnética irradia de acuerdo con la teoría básica de las ondas, esta teoría describe la energía electromagnética como si viajara de forma sinusoidal armónica a la velocidad de la luz. Aunque muchas características de la energía electromagnética se describen fácilmente mediante la teoría de las ondas, otra teoría conocida como teoría de las partículas ofrece una visión de cómo la energía electromagnética interactúa con la materia. Sugiere que la radiación electromagnética se compone de muchas unidades discretas llamadas fotones/cuantos. La energía del fotón es:

$$Q = \frac{hc}{\lambda} = h \cdot \nu \quad (2.2)$$

Donde:

Q es la energía del quantum.

h = constante de Planck's .

Tabla 3: División principal de los espectros electromagnéticos

Longitud de onda	Descripción
Rayos Gamma	Rayos Gamma
Rayos X	Rayos X
Ultravioleta(UV) región 0.30 μm -0.38 μm (1 μm =10E-6m)	Esta región está más allá de la porción violeta de la longitud de onda y de ahí su nombre. Algunos materiales de la superficie terrestre , principalmente rocas y minerales, emiten visible. Sin embargo, la radiación UV se dispersa en gran medida por la atmósfera terrestre y, por tanto, no se utiliza en el campo de la teledetección.
Espectro Visible 0.40 μm -0.7 μm	Las longitudes de onda más largas que la parte roja del espectro visible se denominan espectro infrarrojo.
Violeta 0.40 μm -0.446 μm	El astrónomo británico William Herschel lo descubrió en 1800. La región infrarroja puede dividirse en dos categorías en función de sus propiedades propiedades. El IR reflejado (.7 μm - 3.0 μm) se utiliza para la teledetección. El IR térmico (3 μm - 35 μm) es la radiación emitida desde la superficie terrestre en forma de calor y se utiliza para la teledetección.
Azul 0.446 μm - 0.5 μm	
Verde 0.5 μm - 0.578 μm	
Amarillo 0.578 μm - 0.592 μm	
Anaranjado 0.592 μm - 0.62 μm	
Rojo 0.62 μm - 0.7 μm	
Infrarrojo(IR) espectro 0.7 μm - 100 μm	Es la longitud de onda más larga utilizada en teledetección. Las longitudes de onda más cortas de esta gama tienen propiedades similares a la región del infrarrojo térmico. La principal ventaja de este espectro es su capacidad de penetrar a través de las nubes.
Ondas de radio (>1m)	Esta es la porción más larga del espectro que se utiliza principalmente utilizada para la radiodifusión comercial y la meteorología.

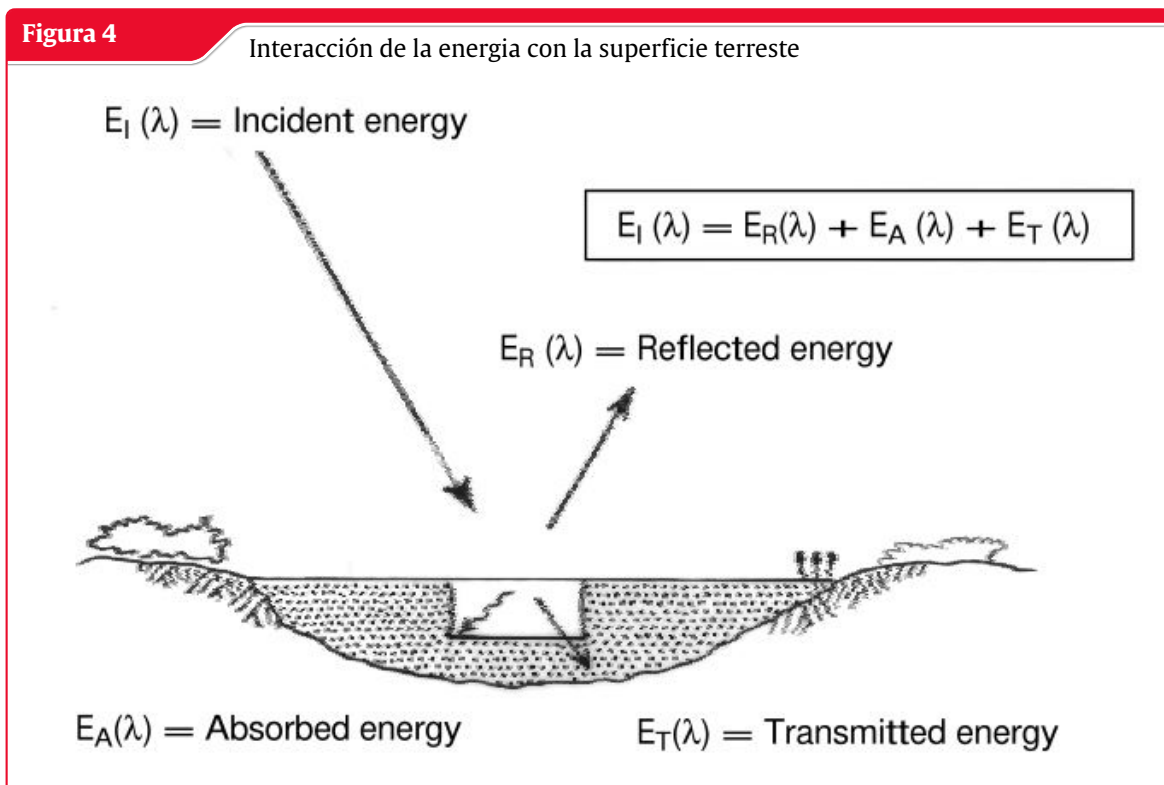
Fuente: Elaboración Propia tomado de (Sivakumar et al. 2004)

2.2.2 Tipos de teledetección

Según (Sivakumar et al. 2004) la teledetección puede ser pasiva o activa. Los sistemas ACTIVOS tienen su propia fuente de energía (como el RADAR) mientras que los sistemas PASIVOS dependen de una fuente externa de iluminación (como el SOL) o de la autoemisión para la teledetección.

2.2.3 Interacción de la energía electromagnética con la superficie terrestre

La radiación del sol, al incidir sobre la superficie terrestre, es reflejada por la superficie, transmitida a la superficie o absorbida y emitida por la superficie. La energía electromagnética, al interactuar, experimenta una serie de cambios de magnitud, dirección, longitud de onda, polarización y fase. Estos cambios son detectados por el sensor remoto y permiten al intérprete obtener información útil sobre el objeto de interés. Los datos obtenidos por teledetección contienen tanto información espacial (tamaño, forma y orientación) como espectral (tono, color y firma espectral) (Sivakumar et al. 2004).

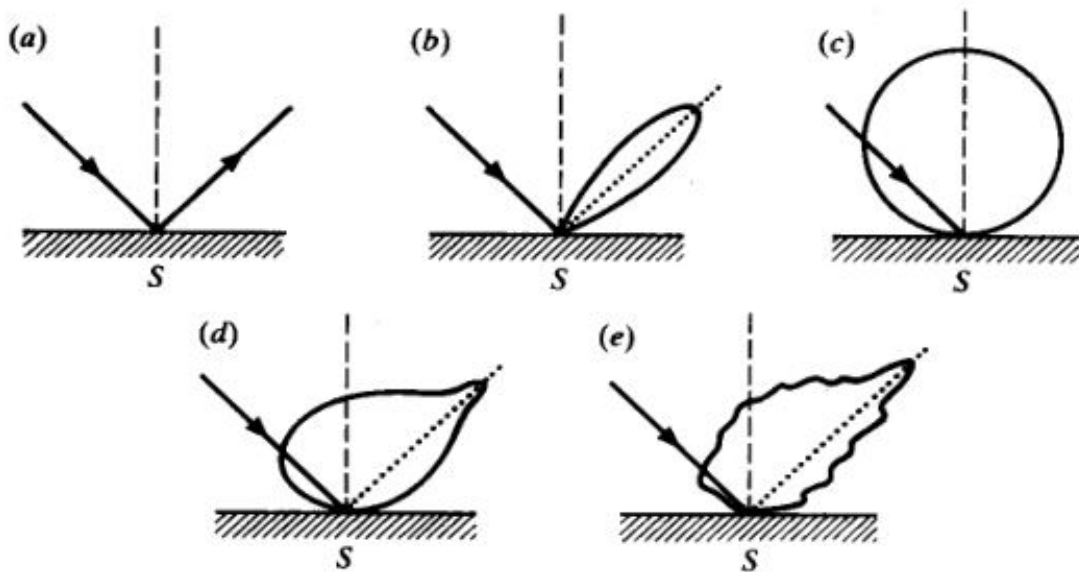


Fuente: (Sivakumar et al. 2004)

2.2.3.1 Reflexión

De todas las interacciones en la región de reflexión, las reflexiones superficiales son las más útiles y reveladoras en las aplicaciones de teledetección. La reflexión se produce cuando un rayo de luz se redirige al incidir sobre una superficie no transparente. La intensidad de la reflexión depende del índice de refracción de la superficie, del coeficiente de absorción y de los ángulos de incidencia y reflexión

Figura 5 Diferentes tipos de superficies de dispersión (a) Reflector especular perfecto (b) Reflector especular casi perfecto (c) Lambertain (d) Quasi-Lambertian (e) Complejo.



Fuente: (Sivakumar et al. 2004)

2.2.3.2 Trasmisión

La transmisión de la radiación se produce cuando ésta atraviesa una sustancia sin atenuación significativa. Para un grosor determinado, o profundidad de una sustancia, la capacidad de un medio para transmitir energía se mide como transmitancia (τ).

$$\tau = \frac{\text{Radiación transmitida}}{\text{Radiación de incidencia}} \quad (2.3)$$

2.2.3.3 Firma espectral

La reflectancia espectral, $[p(\lambda)]$, es la relación entre la energía reflejada y la energía incidente en función de la longitud de onda. Los distintos materiales de la superficie terrestre tienen diferentes características de reflectancia espectral. La reflectancia espectral es la responsable del color o el tono en una imagen fotográfica de un objeto. Los árboles aparecen verdes porque reflejan más la longitud de onda del verde. Los valores de la reflectancia espectral de los objetos promediados en diferentes intervalos de longitud de onda bien definidos constituyen la firma espectral de los objetos o las características por las que se pueden distinguir. Para obtener la verdad de base necesaria para la interpretación de las imágenes multispectrales, se han medido y registrado ampliamente las características espectrales de diversos objetos naturales (Sivakumar et al. 2004).

La reflectancia espectral depende de la longitud de onda, tiene diferentes valores a diferentes longitudes de onda para una característica del terreno determinada. Las características de reflectancia de los rasgos de la superficie terrestre se expresan mediante la reflectancia espectral, que viene dada por:

$$p(\lambda) = \frac{E_R(\lambda)}{E_I(\lambda)} * 100 \quad (2.4)$$

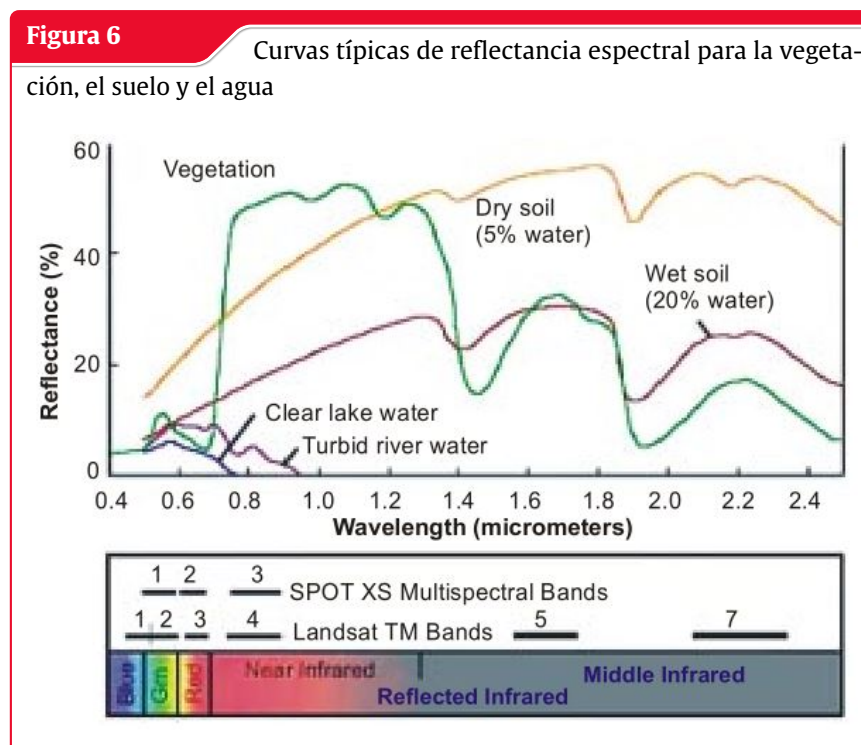
Donde:

$p(\lambda)$ = Reflectancia espectral (reflectividad) en una determinada longitud de onda.

$E_R(\lambda)$ = Energía de la longitud de onda reflejada por el objeto

$E_I(\lambda)$ = Energía de la longitud de onda que incide sobre el objeto

El gráfico entre $p(\lambda)$ y λ se denomina curva de reflectancia espectral. Ésta varía con la variación de la composición química y las condiciones físicas del elemento, lo que da lugar a un rango de valores. Los patrones de respuesta espectral se promedian para obtener una forma generalizada, que se denomina patrón de respuesta espectral generalizado para el objeto en cuestión. La firma espectral es un término utilizado para el patrón de respuesta espectral único, que es característico de un rasgo del terreno. La figura 6 muestra las curvas de reflectancia típicas de tres tipos básicos de rasgos de la superficie terrestre, vegetación sana, suelo seco y desnudo (gris-marrón y limoso) y agua clara de lago (Sivakumar et al. 2004).



Fuente: (Sivakumar et al. 2004)

2.2.3.4 Refracción

El fenómeno de la refracción, es decir, la curvatura de la luz en el contacto entre dos medios, también se produce en la atmósfera cuando la luz atraviesa las capas atmosféricas de claridad, humedad y temperatura variadas. Estas variaciones influyen en la densidad de las capas atmosféricas, lo que a su vez provoca la curvatura de los rayos de luz al pasar de una capa a otra. Los fenómenos más comunes son las apariciones en forma de espejismo que a veces son visibles en la distancia en los días calurosos de verano(Sivakumar et al. 2004).

2.2.4 Características de reflectancia de los tipos de cobertura de la Tierra

Las características espectrales de las tres principales características de la superficie terrestre son los siguientes:

2.2.4.1 Vegetación

Las características espectrales de la vegetación varían según la longitud de onda. El pigmento vegetal de las hojas, llamado clorofila, absorbe fuertemente la radiación en las longitudes de onda roja y azul, pero refleja la longitud de onda verde. La estructura interna de las hojas sanas actúa como reflector difuso de las longitudes de onda del infrarrojo cercano. La medición y el control de la reflectancia en el infrarrojo cercano es una de las formas en que los científicos determinan el grado de salud de una vegetación determinada(Sivakumar et al. 2004).

2.2.4.2 Agua

La mayor parte de la radiación que incide en el agua no se refleja, sino que se absorbe o se transmite. Las longitudes de onda visibles más largas y la radiación infrarroja cercana son más absorbidas por el agua que las longitudes de onda visibles. Por lo tanto, el agua tiene un aspecto azul o verde azulado debido a una mayor reflectancia en estas longitudes de onda más cortas y es más oscura. longitudes de onda más cortas y más oscura si se ve en las longitudes de onda del rojo o del infrarrojo cercano. Los factores que afectan a la variabilidad de la reflectancia de una masa de agua son la profundidad del agua, los materiales dentro del agua y la rugosidad de la superficie del agua(Sivakumar et al. 2004).

2.2.4.3 Suelo

La mayor parte de la radiación que incide en la superficie del suelo es reflejada o absorbida y se transmite poco; las características del suelo que determinan sus propiedades de reflectancia son su contenido de humedad, su contenido de materia orgánica la textura, la estructura y el contenido de óxido de hierro. La curva del suelo muestra menos variaciones de pico y valle. La presencia de humedad en el suelo disminuye su reflectancia.

Al medir la energía que reflejan los objetivos en la superficie terrestre en una variedad de longitudes de onda diferentes, podemos construir una firma espectral para ese objeto. Y comparando el patrón

de respuesta de diferentes características podemos distinguir entre ellas, lo que no podríamos hacer si sólo los comparamos en una longitud de onda. Por ejemplo, el agua y la vegetación se reflejan de forma similar en la longitud de onda visible, pero no en la infrarroja (Sivakumar et al. 2004).

2.2.5 Sensores de teledetección

Un sensor es un dispositivo que recoge energía (Radiación electromagnética u otra), la convierte en una señal y la presenta en una forma adecuada para obtener información sobre el objetivo investigado. Pueden ser activos o pasivos en función de la fuente de energía.

Los sensores activos utilizan su propia fuente de energía. La superficie de la tierra se ilumina a través de la energía emitida por su propia fuente, una parte de ella es reflejada por la superficie en la dirección del sensor, que la recibe para recoger la información.

Los sensores pasivos reciben la energía electromagnética solar reflejada por la superficie o la energía emitida por la propia superficie. Estos sensores no disponen de una fuente de energía propia y no pueden utilizarse durante la noche, excepto los sensores térmicos.

De nuevo, los sensores (activos o pasivos) pueden ser de imagen, como la cámara o el sensor, que adquieren imágenes de la zona, y de tipo no de imagen, como el radiómetro de no exploración o las sondas atmosféricas.

2.2.5.1 Resolución

La resolución se define como la capacidad del sistema para representar la información en la menor cantidad discretamente separable en términos de distancia (espacial), banda de longitud de onda de la radiación electromagnética (espectral), tiempo (temporal) y/o cantidad de radiación (radiométrica).

2.2.5.2 Resolución espacial

La resolución espacial es la proyección de un elemento detector o de una rendija sobre el terreno. En otras palabras, la resolución espacial del escáner es el segmento de terreno detectado en cualquier instante. También se denomina elemento de resolución del terreno (GRE).

La resolución espacial con la que se adquieren los datos tiene dos efectos: la capacidad de identificar diversas características y de cuantificar su extensión. El primero está relacionado con la precisión de la clasificación y el segundo con la capacidad de realizar una medición precisa. Se dice que las imágenes en las que sólo son visibles los rasgos grandes tienen una resolución gruesa o baja. En las imágenes de resolución fina se pueden detectar objetos pequeños.

2.2.5.3 Resolución espectral

Las curvas de emisividad espectral caracterizan la reflectancia y/o emitancia de una característica o un objetivo en una variedad de longitudes de onda. Las diferentes clases de características y detalles en una imagen pueden distinguirse comparando sus respuestas en distintos rangos de longitudes de onda. Clases amplias como el agua y la vegetación agua y la vegetación pueden separarse utilizando rangos de longitud de onda amplios (VIS, NIR), mientras que las clases específicas clases específicas, como los tipos de roca, requerirían una comparación de rangos de longitud de onda finos para separarlas. Por lo tanto, la resolución espectral describe la capacidad del sensor para definir intervalos finos de longitud de onda, es decir, el muestreo de la imagen segmentada espacialmente en diferentes intervalos espectrales, lo que permite determinar la irradiación espectral de la de la imagen.

2.2.5.4 Resolución radiométrica

Es una medida del sensor para diferenciar el menor cambio en la reflectancia/emisividad espectral entre varios objetivos. La resolución radiométrica depende de la saturación de la reflectancia y del número de niveles de cuantificación. Así, un sensor cuya saturación esté ajustada al 100% de reflectancia con una resolución de 8 bits tendrá una sensibilidad radiométrica pobre en comparación con un sensor cuya saturación de radiancia esté ajustada al 20% de reflectancia y 7 bits de digitalización.

2.2.5.5 Resolución temporal

Obtención de datos espaciales y espectrales en determinados intervalos de tiempo. La resolución temporal también se denomina repetitividad del satélite; es la capacidad del satélite para obtener imágenes de exactamente la misma zona con el mismo ángulo de visión en diferentes períodos de tiempo. La resolución temporal de un sensor depende de varios factores, como las capacidades del satélite/sensor, el solapamiento de la franja y la latitud.

2.2.6 Índices para clasificar imágenes satelitales

En la teledetección de imágenes satelitales el índice viene hacer una fórmula matemática de transformación espectral de dos o mas bandas, la creación del índice es basado con un único patron de cada cobertura de suelo y la respuesta espectral de las características distintas

2.2.6.1 Índice de cuerpos de agua y contenido de agua en las plantas

Índice de agua de diferencia normalizada (NDVI) es un índice derivado de la teledetección que mide los cambios en el contenido de agua de las hojas usando la banda Near Infrared (NIR) y la banda Short-wave infrared (SWIR) de longitud de onda ; NDWI se utiliza para analizar el contenido de

agua de la vegetación debido a su sensibilidad al contenido de agua de la vegetación y los cuerpos de agua.

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (2.5)$$

Donde:

El rango del NIR-Near infrared de longitud de onda esta en el rango de 0.841 a 0.876 nm

El rango del SWIR de longitud de onda esta en el rango de 1.628 a 1.652 nm

Para Landsat 4-7 tenemos:

$$NDWI = \frac{Band4 - Band5}{Band4 + Band5} \quad (2.6)$$

Para Landsat 8 tenemos:

$$NDWI = \frac{Band5 - Band6}{Band5 + Band6} \quad (2.7)$$

Aplicación de NDWI

Monitoreo de sequías, evaluación del riesgo de incendio, análisis de estrés hídrico, mapeo y descarga de reservorios, evaluación de reducciones de rendimiento, descenso del nivel del agua subterránea, monitoreo de la degradación de la tierra, etc.

2.2.6.2 Índice de agua de diferencia normalizada modificada (MNDWI)

El MNDWI mitiga los errores de NDWI al extraer el contenido de agua de los datos de teledetección. El índice de agua de diferencia normalizada modificado utiliza bandas verdes y SWIR para mejorar las características de aguas abiertas dominadas por áreas edificadas. Suprime el ruido de la tierra edificada, la vegetación y el suelo.

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR} \quad (2.8)$$

Para Landsat 4-7 tenemos:

$$MNDWI = \frac{Band2 - Band5}{Band2 + Band5} \quad (2.9)$$

Para Landsat 8 tenemos:

$$\text{MNDWI} = \frac{\text{Band3} - \text{Band6}}{\text{Band3} + \text{Band6}} \quad (2.10)$$

El valor de MNDWI se encuentra entre -1,0 y +1,0. Por lo general, el valor positivo más alto por encima de 0,5 indica cuerpos de agua, mientras que el valor más bajo 0-0,2 indica áreas construidas y el valor negativo indica vegetación.

Aplicación de MNDWI

Mapeo de cuerpos de agua, extracción de características de agua de densas áreas edificadas, monitoreo de cambios en el contenido de agua.

2.2.6.3 Índices para áreas construidas(NDBI)

Índice acumulado de diferencia normalizada(NDBI)se utiliza para extraer las áreas edificadas o construidas de áreas urbanas de forma automática.

$$\text{NDBI} = \frac{\text{SWIR} - \text{NIR}}{\text{SWIR} + \text{NIR}} \quad (2.11)$$

Para Landsat 4-7 tenemos:

$$\text{NDBI} = \frac{\text{Band5} - \text{Band4}}{\text{Band5} + \text{Band4}} \quad (2.12)$$

Para Landsat 8 tenemos:

$$\text{NDBI} = \frac{\text{Band6} - \text{Band5}}{\text{Band6} + \text{Band5}} \quad (2.13)$$

El valor de NDBI varía entre -1,0 y +1,0. El valor más alto de NDBI representa las áreas edificadas, el valor más bajo indica vegetación y el valor negativo significa las masas de agua.

En los métodos NDBI, se asume que todos los valores positivos de NDVI y NDBI representan vegetación y áreas edificadas. Este enfoque sufre muchos errores. Por lo tanto, el índice acumulado (BU) minimiza este error restando el NDVI del NDBI.

$$\text{BU} = \text{NDVI} - \text{NDBI} \quad (2.14)$$

El valor positivo más alto del índice de edificación indica las áreas edificadas y las tierras baldías.

Aplicación de NDBI/BU

Predicciones de escorrentía de cuencas hidrográficas, análisis de expansión (expansión urbana), planificación del uso de suelo urbano, extracción de área urbana construida (suelo impermeable).

$$SAVI = \frac{(B_4 - B_3)(1 - L)}{B_4 + B_3 + L} \quad (2.15)$$

2.2.6.4 Índice construido basado en índices (IBI)

Índice construido basado en índices (IBI) utiliza índices NDBI, SAVI y MNDWI para mejorar la extracción de áreas edificadas eliminando otras clases de uso de suelo y cobertura de suelo en áreas urbanas.

$$IBI = \frac{NDBI - \frac{(SAVI + MNDWI)}{2}}{NDBI + \frac{(SAVI + MNDWI)}{2}} \quad (2.16)$$

2.2.6.5 Índices para vegetación

El índice de agua de diferencia normalizada (NDWI) es el índice en la teledetección para medir el cambio en el contenido de agua de las hojas usando Near Infrared (NIR) Short wave Infrared (SWIR) de longitudes de onda. NDWI es usado para analizar el contenido de agua de la vegetación debido a su sensibilidad al contenido de agua de la vegetación y los cuerpos de agua.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (2.17)$$

Donde:

Near Near Infrared con rango de longitud de onda en el rango de 0.841 - 0.876 nm

SWIR con rango de longitud de onda en el rango de 1.628 - 1.652 nm.

Para Landsat 4-7 tenemos:

$$NDVI = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3} \quad (2.18)$$

Para Landsat 8 tenemos:

$$NDVI = \frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4} \quad (2.19)$$

Aplicación de NDVI

La aplicación del NDVI es diverso es uno de los índices mas usados en la investigación de áreas esto es usado en la precisión de la agricultura para monitorear las condiciones saludable de la vegetación de la producción de la agricultura , monitoreo de la forestación mediante análisis de monitoreo de cambios de usos de suelo y cobertura de suelos evaluando la degradación del suelo, expansión urbana ,etc.

2.2.6.6 Índices de vegetación Mejorada

El índice de vegetación mejorada (EVI)es calculado similarmente al índice NDVI con un adicional de corrección atmosférica para cumplir con las inexactitudes de NDVI. El EVI es capaz de eliminar los ruidos de fondo y atmosféricos, así como la no saturación .Realza la señal de la vegetación con una mayor sensibilidad en las regiones de alta biomasa, se utiliza para cuantificar el verdor de la vegetación.

$$EVI = \frac{G(NIR - Red)}{(NIR + C1Red - C2Blue + L)} \quad (2.20)$$

Donde:

NIR, Red y Blue denota la reflectancia de la superficie corregida atmosféricamente.

L es el ajuste del fondo del dosel que aborda la no saturación.

C1 y C2 son los coeficientes de resistencia a los aerosoles que mitigan la reflectancia de los aerosoles de la banda roja utilizando la banda azul.

Para Landsat 4-7 tenemos:

$$EVI = \frac{2.5(Band4 - Band3)}{(Band4 + 6Band3 - 7.5Band1 + 1)} \quad (2.21)$$

Para Landsat 8 tenemos:

$$EVI = \frac{2.5(Band4 - Band3)}{(Band4 + 6Band3 - 7.5Band1 + 1)} \quad (2.22)$$

Aplicación de EVI

Monitoreo de la vegetación en la agricultura de precisión, tierra de bosquez densos forestales, el cálculo del rendimiento de los cultivos, etc

2.2.6.7 Índices para áreas de suelos húmedos

2.2.6.8 Índices para textura de suelos

Parámetros de textura de suelos son utilizados desde la teledetección satelital usando la capa superficial del suelo el índice grain size index(GSI)el cual es el índice del tamaño de grano(Rajan Girija Rejith y Loveson, 2020)

$$GSI = \frac{B_4 - B_2}{B_4 + B_2 + B_3} \quad (2.23)$$

Donde B2,B3 y B4 corresponde para la bandas azul,verde y rojo de Landsat8 Imagery los GSI valores estan cerca del cero para areas de vegetación y negativos para los cuerpos de agua.

El mapa de índice de grano usando las bandas NIR SWIR de ASTER ademas ayuda a discriminar la capa superficial con la variación del tamaño de grano.

$$\text{Grain Index} = \frac{B_3 - B_6}{B_3 + B_6} \quad (2.24)$$

Donde el B3 y B6 corresponde al NIR y SWIR bandas del ASTER.

Finalmente el índice Sand Index3 utiliza la banda TIR de los datos ASTER donde son usados para derivar los Indices de arenas mostrando las variación en la textura de la arena.

$$\text{Sand Index3} = \frac{3B_{13}}{B_{10} + B_{11} + B_{12}} \quad (2.25)$$

Donde B10, B11,B12 y b13 es la emisividad de las bandas térmicas del ASTER.

2.2.7 Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A

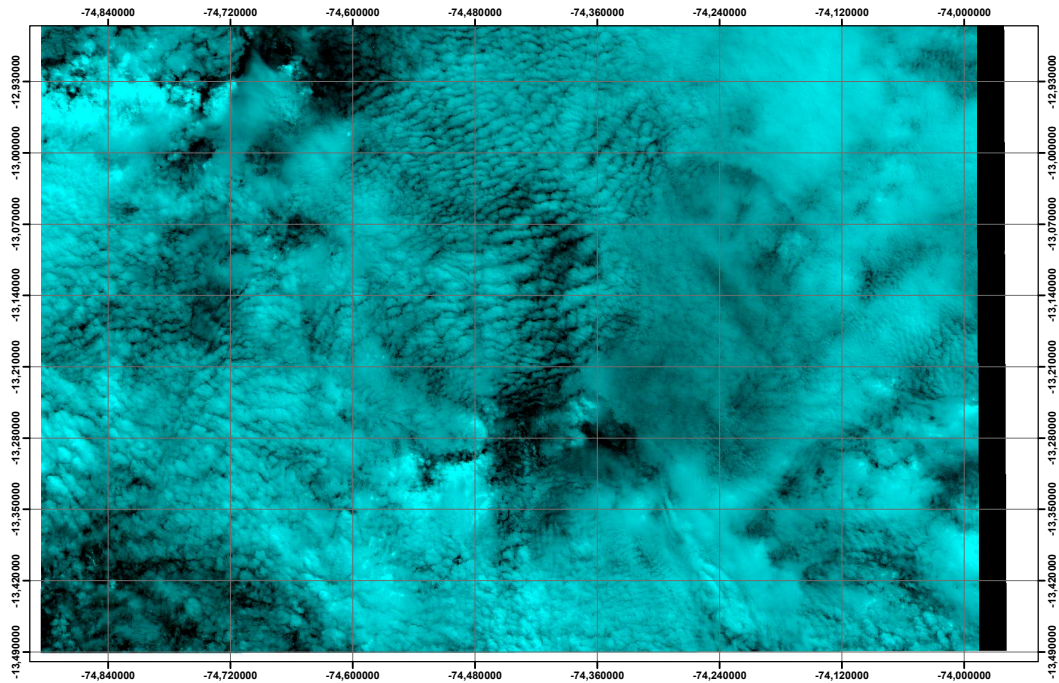
Sentinel-2 es una misión de imágenes multiespectrales de alta resolución y amplio alcance que apoya los estudios de Vigilancia Terrestre de Copernicus, incluida la vigilancia de la vegetación, el suelo y la cubierta de agua, así como la observación de las vías navegables interiores y las zonas costeras.

Los activos contienen 12 bandas espectrales UINT16 que representan el SR escalado por 10000 (a diferencia de los datos L1, no hay B10). También hay varias bandas más específicas de L2 (véase la lista de bandas para más detalles). Además, hay tres bandas QA donde una (QA60) es una banda de máscara de bits con información de máscara de nubes.

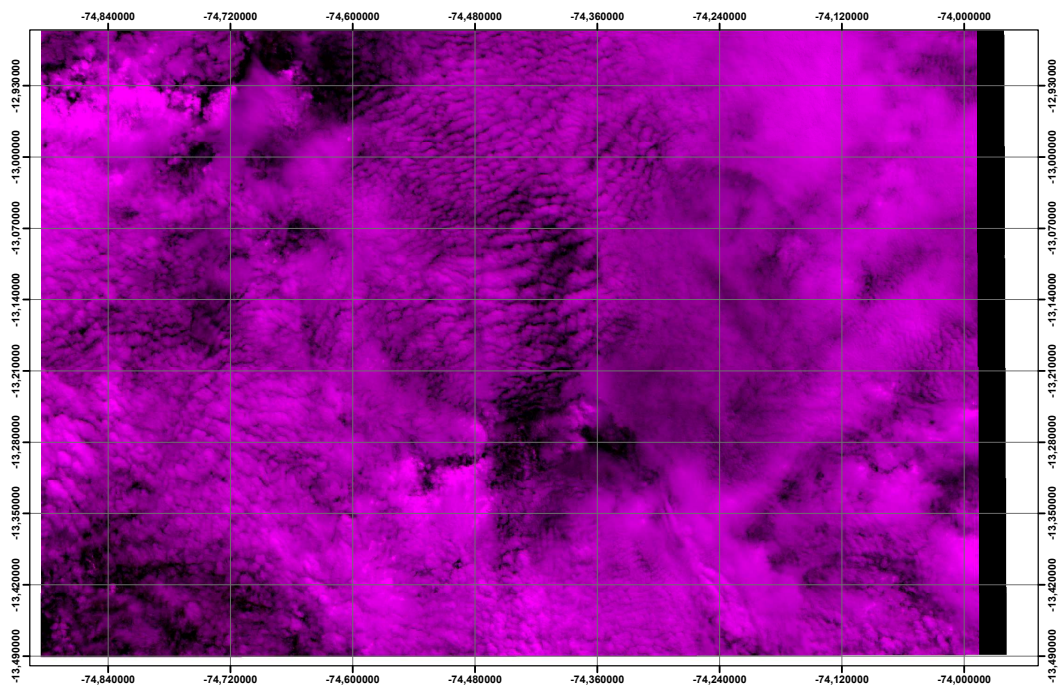
Los identificadores de activos EE para los activos Sentinel-2 L2 tienen el siguiente formato COPENICUS/S2-SR/20151128T002653-20151128T102149-T56MNN. Aquí la primera parte numérica representa la fecha y hora de detección, la segunda parte numérica representa la fecha y hora de generación del producto, y la cadena final de 6 caracteres es un identificador único de gránulos que indica su referencia de cuadrícula UTM, Las nubes pueden eliminarse utilizando COPENICUS/S2-CLOUD-PROBABILITY.

Figura 7

Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A.



(a) TIFF de Sentinel-2 de color verde



(b) TIFF de Sentinel-2 de color rojo

Fuente: fuente a.

Tabla 4: Tabla para las bandas de Sentinel

Nombre	Escala	Tamaño de pixels	Longitud de onda	Descripción
B1	0.0001	60 metros	443.9nm (S2A) / 442.3nm (S2B)	Aerosol
B2	0.0001	10metros	496.6nm (S2A) / 492.1nm (S2B)	azul
B3	0.0001	10metros	560nm (S2A) / 559nm (S2B)	verde
B4	0.0001	10metros	664.5nm (S2A) / 665nm (S2B)	Rojo
B5	0.0001	20metros	703.9nm (S2A) / 703.8nm (S2B)	Rojo Borde1
B6	0.0001	20metros	740.2nm (S2A) / 739.1nm (S2B)	Rojo Borde2
B7	0.0001	20metros	782.5nm (S2A) / 779.7nm (S2B)	Rojo Borde3
B8	0.0001	10metros	835.1nm (S2A) / 833nm (S2B)	NIR
B8A	0.0001	20metros	864.8nm (S2A) / 864nm (S2B)	Rojo Borde4
B9	0.0001	60metros	945nm (S2A) / 943.2nm (S2B)	Vapor de agua
B11	0.0001	20metros	1613.7nm (S2A) / 1610.4nm (S2B)	SWIR1
B12	0.0001	20metros	2202.4nm (S2A) / 2185.7nm (S2B)	SWIR2

Fuente: Elaboración Propia tomado de Google earth Engine

Tabla 5: Código de colores y descripción para Sentinel

Tabla de clases SCL		
Value	Color	Descripción
1	ff0004	Saturado o defectuoso
2	868686	Píxeles del área oscura
3	774b0a	Sombras de nubes
4	10d22c	Vegetación
5	ffff52	Suelos desnudos
6	0000ff	Agua
7	818181	Nubes Baja Probabilidad / Sin clasificar
8	c0c0c0	Nubes Probabilidad Media
9	f1f1f1	Nubes Alta Probabilidad
10	bac5eb	Cirrus
11	52fff9	Nieve / Hielo

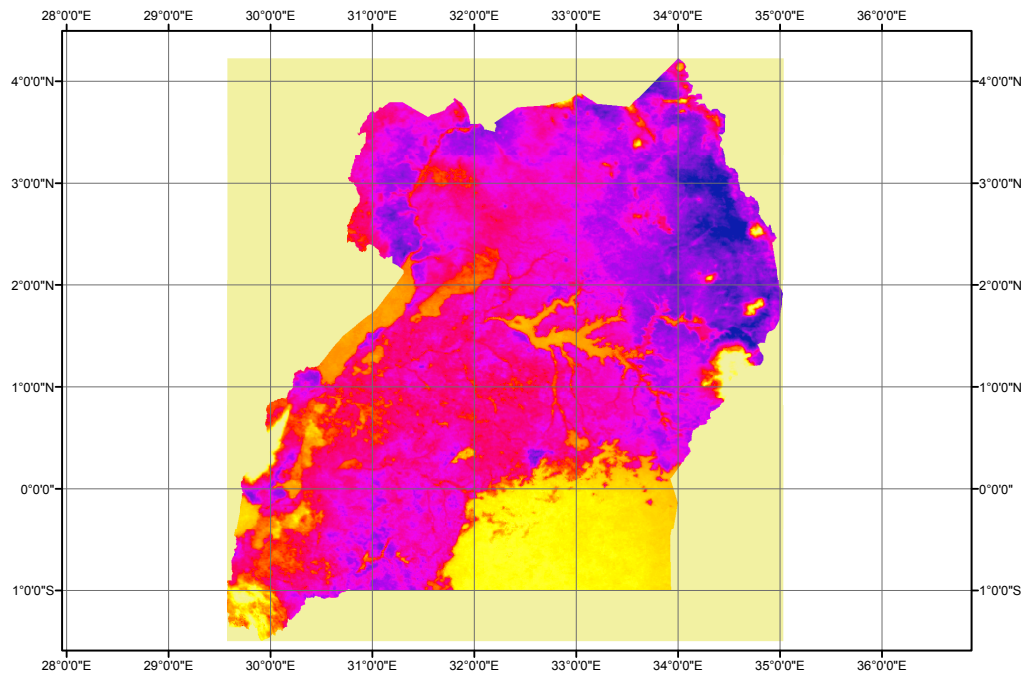
Fuente: Elaboración Propia tomado de la NASA y USGS

2.2.8 MOD11A1.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km

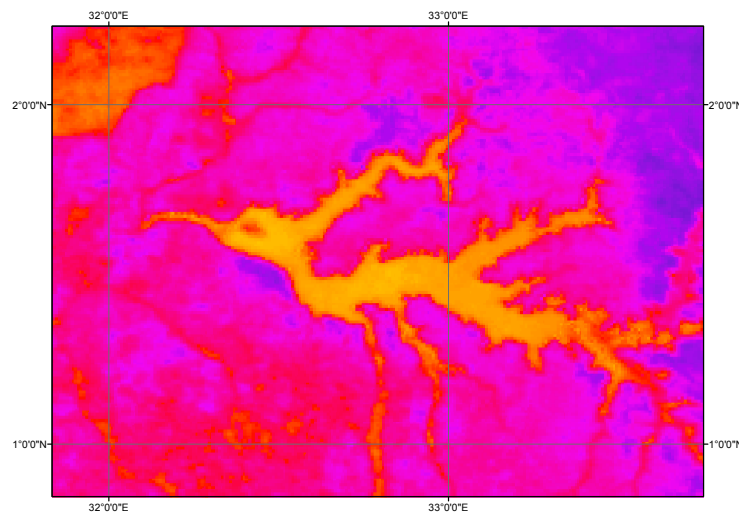
El producto MOD11A1 V6 proporciona valores diarios de temperatura de la superficie terrestre (LST) y de emisividad en una cuadrícula de 1200 x 1200 kilómetros. El valor de la temperatura se deriva del producto MOD11-L2 swath. Por encima de los 30 grados de latitud, algunos píxeles pueden tener múltiples observaciones en las que se cumplen los criterios de cielo despejado. Cuando esto ocurre, el valor del píxel es la media de todas las observaciones que cumplen los criterios. Junto con las bandas de temperatura superficial diurna y nocturna y sus capas indicadoras de calidad, se proporcionan las bandas 31 y 32 de MODIS y seis capas de observación.

Figura 8

MOD11A1.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km



(a) MODIS archivo TIFF para la obtención de índices para la temperatura superficial de la tierra



(b) Modis para la obtención de las áreas de la temperatura superficial

Fuente: fuente a.

Tabla 6: Tablas para las bandas de MODIS

Nombre	Unidad	Min	Máx	Scala	Offset	Descripción
LST Day 1km	Kelvin	7500	65535	0.02		Temperatura diurna de la superficie terrestre
QC Day						Indicadores de calidad LST diurnos
Mascara de Bits para QC Dia						
Hora de vista del día	Horas	0	240	0.1		Observación de la hora local del día
Ángulo de visión diurna	grados	0	130		-65	Ver ángulo cenital de observación del día
LST Noche 1km	kelvin	7500	65535	0.02		Temperatura nocturna de la superficie terrestre
QC noche						Indicadores de calidad de la TSM nocturna
Mascara de Bits para QC Noche						
Hora de la vista nocturna	Horas	0	240	0.1		Hora local de la observación nocturna
Ángulo de vista nocturna	grados	0	130		-65	Ver ángulo cenital de la observación nocturna
Emis 31		1	250	0.002	0.49	Emisividad de la banda 31
Emis 32		1	250	0.002	0.49	Emisividad de la banda 32
Cov día claro		1	65535	0.005		Cobertura de cielo claro diurno
Cov despejado noche		1	65535	0.005		Cobertura de cielo claro nocturno

Fuente: Elaboración Propia tomado de Google earth Engine

2.2.9 USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1

Este conjunto de datos contiene la reflectancia de la superficie corregida atmosféricamente y la temperatura de la superficie terrestre derivada de los datos producidos por los sensores Landsat 8 OLI/TIRS. Estas imágenes contienen 5 bandas visibles e infrarrojas cercanas (VNIR) y 2 bandas infrarrojas de onda corta (SWIR) procesadas a reflectancia superficial ortorectificada, y una banda infrarroja térmica (TIR) procesada a temperatura superficial ortorectificada. También contienen bandas intermedias utilizadas en el cálculo de los productos ST, así como bandas QA.

Los productos Landsat 8 SR se crean con el Código de Reflectancia de la Superficie Terrestre (LaSRC). Todos los productos ST de la Colección 2 se crean con un algoritmo de un solo canal creado conjuntamente por el Instituto Tecnológico de Rochester (RIT) y el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA).

Las franjas de datos recogidos se empaquetan en "escenas" superpuestas que cubren aproximadamente 170km x 183km utilizando una cuadrícula de referencia estandarizada.

Algunos activos sólo tienen datos SR, en cuyo caso las bandas ST están presentes pero vacías. Para los activos con bandas ST y SR, 'PROCESSING-LEVEL' se establece en 'L2SP'. Para los activos que sólo tienen bandas SR, "PROCESSING-LEVEL" se establece en "L2SR".

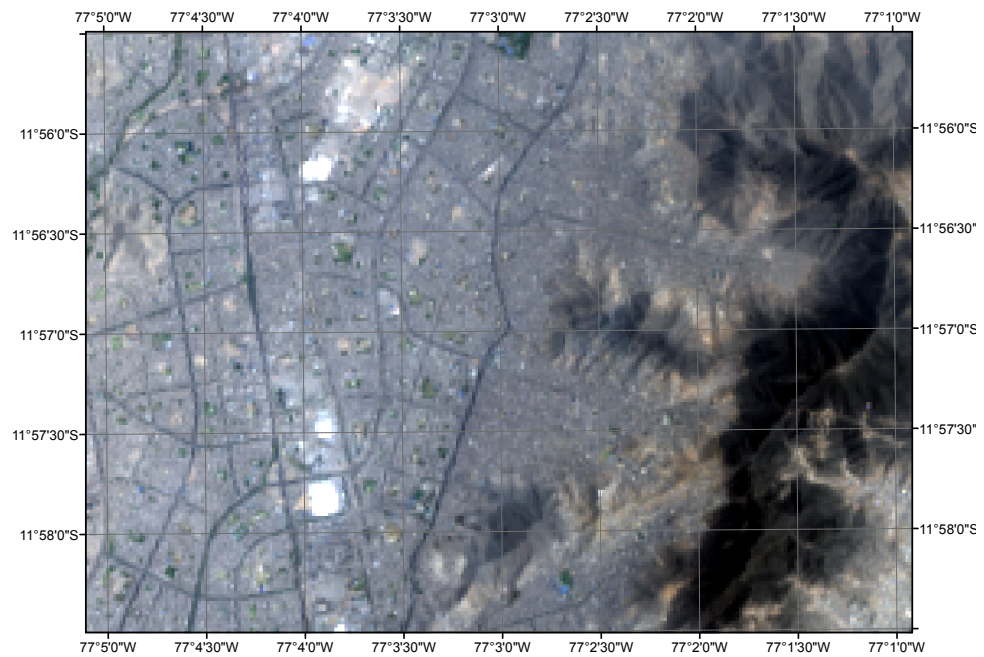
Tabla 7: Resolución espacial y espectral de las bandas de Landsat 8

Bandas	Longitud de onda (Micrometros)	Instrumento sensor	Resol.(m)
Banda1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	OLI	30
Banda2 - Azul(Blue)	0.45 - 0.51	OLI	30
Banda3 - Verde(Green)	0.53 - 0.59	OLI	30
Banda4 - Rojo(Red)	0.64 - 0.67	OLI	30
Banda5 - Near Infrared(NIR)	0.85 - 0.88	OLI	30
Banda6 - SWIR1	1.57 - 1.65	OLI	30
Banda7 - SWIR2	2.11 - 2.29	OLI	30
Banda8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	OLI	30
Banda9 - Cirrus	1.36 - 1.38	OLI	30
Banda10 - Thermal Infrared	10.60 - 11.19	(TIRS)1	100*(30)
Banda11 - Thermal Infrared	11.50 - 12.51	(TIRS)2	100*(30)

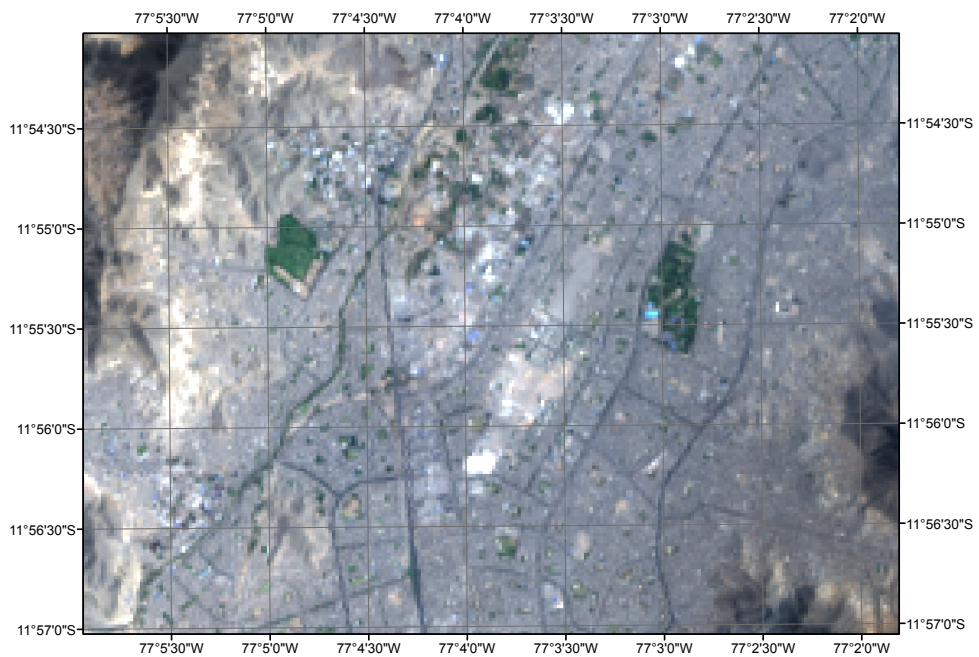
Fuente: Elaboración Propia tomado de la NASA y USGS

Figura 9

Formato de imagen TIFF para LANDSAT8



(a) Imagen landsat vista de planta



(b) Landsat8 obtenido de gooogle earth engine

Fuente: Elaboración propia tomado del Google earth Engine

2.3 Machine learning en Clasificación

El aprendizaje de máquina (Machine Learning) estudia el aprendizaje automático a partir de datos (data-driven, gobernado por los datos) para conseguir hacer predicciones precisas a partir de observaciones con datos previos.

La clasificación automática de objetos o datos es uno de los objetivos del aprendizaje de máquina. Podemos considerar tres tipos de algoritmos:

- **Clasificación supervisada:** disponemos de un conjunto de datos (por ejemplo, imágenes de letras escritas a mano) que vamos a llamar datos de entrenamiento y cada dato está asociado a una etiqueta (a qué letra corresponde cada imagen). Construimos un modelo en la fase de entrenamiento (training) utilizando dichas etiquetas, que nos dicen si una imagen está clasificada correcta o incorrectamente por el modelo. Una vez construido el modelo podemos utilizarlo para clasificar nuevos datos que, en esta fase, ya no necesitan etiqueta para su clasificación, aunque sí la necesitan para evaluar el porcentaje de objetos bien clasificados.
- **Clasificación no supervisada:** los datos no tienen etiquetas (o no queremos utilizarlas) y estos se clasifican a partir de su estructura interna (propiedades, características).
- **Clasificación semisupervisada:** algunos datos de entrenamiento tienen etiquetas, pero no todos. Este último caso es muy típico en clasificación de imágenes, donde es habitual disponer de muchas imágenes mayormente no etiquetadas. Estos se pueden considerar algoritmos supervisados que no necesitan todas las etiquetas de los datos de entrenamiento.

En esta práctica vamos a ver varios ejemplos de utilización del algoritmo de clasificación no supervisada k-means para la clasificación y procesamiento de imágenes.

2.3.1 El algoritmo k-means

K-means es un algoritmo de clasificación no supervisada (clusterización) que agrupa objetos en k grupos basándose en sus características. El agrupamiento se realiza minimizando la suma de distancias entre cada objeto y el centroide de su grupo o cluster. Se suele usar la distancia cuadrática.

El algoritmo consta de tres pasos:

1. **Inicialización:** una vez escogido el número de grupos, k, se establecen k centroides en el espacio de los datos, por ejemplo, escogiéndolos aleatoriamente.
2. **Asignación objetos a los centroides:** cada objeto de los datos es asignado a su centroide más cercano.

3. **Actualización centroides:** se actualiza la posición del centroide de cada grupo tomando como nuevo centroide la posición del promedio de los objetos pertenecientes a dicho grupo.

Se repiten los pasos 2 y 3 hasta que los centroides no se mueven, o se mueven por debajo de una distancia umbral en cada paso.

El algoritmo k-means resuelve un problema de optimización, siendo la función a optimizar (minimizar) la suma de las distancias cuadráticas de cada objeto al centroide de su cluster.

Los objetos se representan con vectores reales de d dimensiones (x_1, x_2, \dots, x_n) y el algoritmo k-means construye k grupos donde se minimiza la suma de distancias de los objetos, dentro de cada grupo $S = S_1, S_2, \dots, S_k$, a su centroide. El problema se puede formular de la siguiente forma:

$$\text{Min } E(\mu_i) = \min \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} |x_j - \mu_i|^2 \quad (2.26)$$

donde S es el conjunto de datos cuyos elementos son los objetos x_j representados por vectores, donde cada uno de sus elementos representa una característica o atributo. Tendremos k grupos o clusters con su correspondiente centroide μ_i .

En cada actualización de los centroides, desde el punto de vista matemático, imponemos la condición necesaria de extremo a la función $E(\mu_i)$ que, para la función cuadrática (1) es:

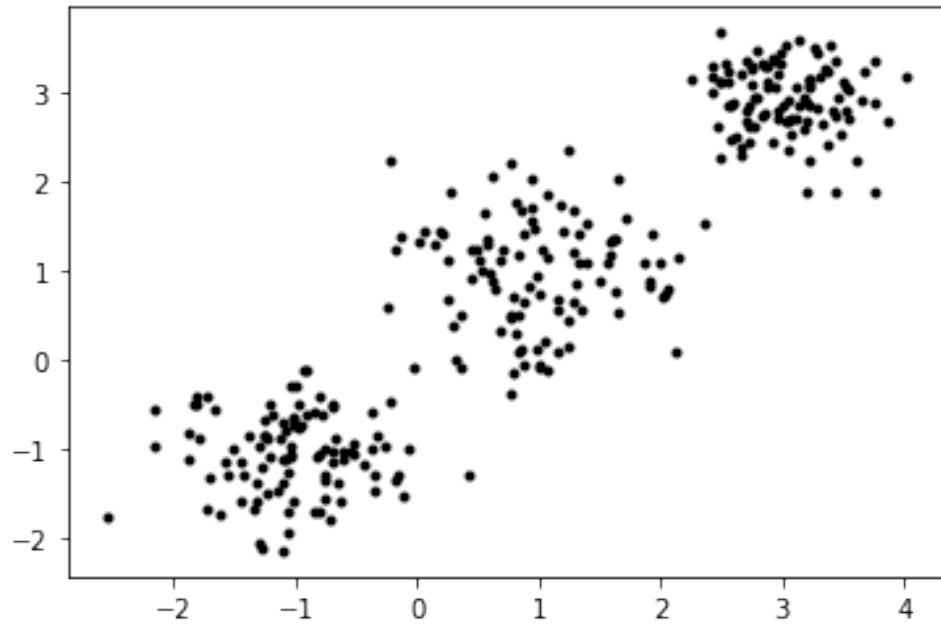
$$\frac{\partial E}{\partial \mu_i} = 0 \rightarrow \mu_i^{(t+1)} = \frac{1}{|S_i^{(t)}|} \sum_{x_j \in S_i^{(t)}} x_j \quad (2.27)$$

y se toma el promedio de los elementos de cada grupo como nuevo centroide.

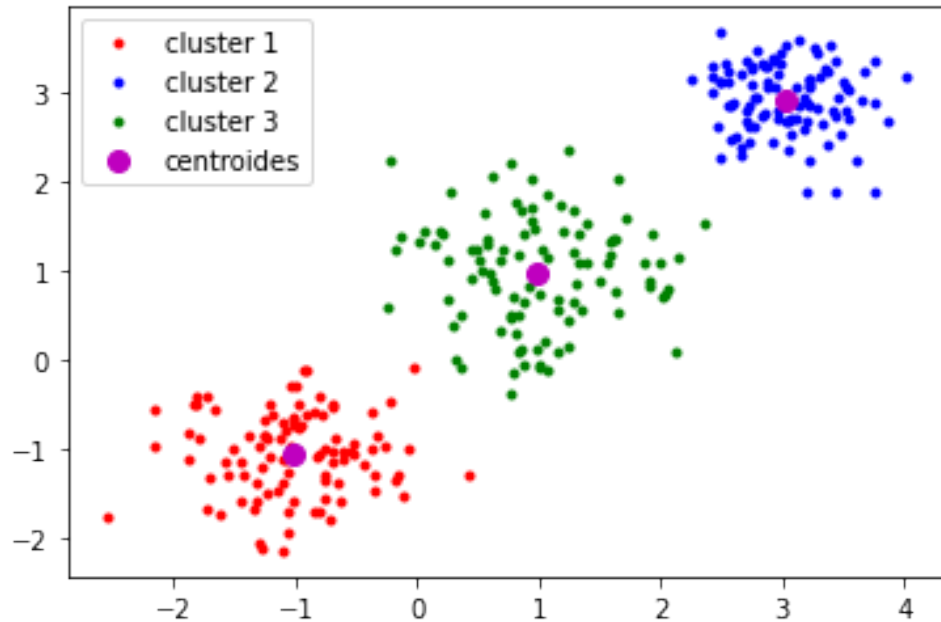
Las principales ventajas del método k-means son que es un método sencillo y rápido. Pero es necesario decidir el valor de k y el resultado final depende de la inicialización de los centroides. En principio no converge al mínimo global sino a un mínimo local.

Figura 10

Utilización de Machine learning con el algoritmo de K-Means en la clasificación de clústeres y/o clases en la clasificación no supervisada



(a) Tres grupos de clústeres para su utilización de k-means para el agrupamiento



(b) Clúster con centroides aleatorios para la clasificación de los tres grupos

Fuente: fuente a.

“La inteligencia consiste no solo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica.”

— Aristóteles

3 Método de la investigación

3.1 Enfoque.

La investigación se realizará con un enfoque Cuantitativo, porque los valores de los píxeles de las imágenes satelitales y los valores de las ondas electromagnéticas son contabilizados en filas y columnas y son procesados con datos continuos para la clasificación de los usos de suelos y coberturas de suelos y para la presente investigación adicionalmente la clasificación de depósitos de sedimentos, también será cuantitativo porque para los métodos de clasificación no supervisada de k-mean, clústeres, etc serán procesadas con datos continuos.

3.2 Alcance

La investigación tendrá un alcance Descriptivo porque se estimará los depósitos de sedimentos para la Cuenca de Yucaes describiendo y analizando la variable de depósitos de sedimentos desde la obtención de los datos satelitales de la teledetección (TIFF), el procesamiento de los datos hasta la generación de las imágenes de nuestras mapas para determinar los depósitos de sedimentos para nuestra cuenca de Yucaes.

3.3 Diseño de investigación

La recolección de las imágenes satelitales para el análisis de las resoluciones espectrales son obtenidos de los servidores de la NASA y el USGS en diferentes tipos de formatos de imágenes desde imágenes multispectrales, hiperespectral, multitemporal en diferentes resoluciones espaciales con diferentes bandas e índices espectrales son recolectados en un solo momento de la investigación por eso el diseño de la investigación es transversal y no se necesita esperar otro momento para obtener nuevos datos y terminar la investigación si no con la obtención de estos datos se puede culminar la investigación.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población en la presente investigación son todos los depósitos de sedimentos de todo el globo terráqueo de nuestra planeta que está vigilada por los satélites Landsat, Sentinel, etc y teledetectados y registrados por los sensores para cada punto de la tierra y para suelos con índices espectrales de

longitud de onda generados por la banda NIR de 0.851 a 0.879 micrómetros , banda SWIR de 1.566 a 2.294 y la banda TIR de 10.60 a 12.51 micrómetros.

3.4.2 Muestra

Se eligió el muestreo no probabilístico discreto por conveniencia de los depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes Ayacucho con un área de 1109.93km² con índices espectrales de suelos para la longitud de la onda generados por la banda NIR de 0.851 a 0.879 micrómetros , banda SWIR de 1.566 a 2.294 y la banda TIR de 10.60 a 12.51 micrómetros.

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

Si se pueden estimar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022.

3.5.2 Hipótesis específicas

- ① Si se pueden utilizar sensores satelitales OLI, TIR de Landsat y sensores de Aster para determinar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022.
- ② Si se pueden calcular índices espectrales de depósitos de sedimentos de la cuenca Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022
- ③ Si se pueden comparar las mapas realizadas para los usos y coberturas de suelos con la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada en la cuenca Yucaes Ayacucho , 2022 .

3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

3.6.1 Variables e indicadores

La operacionalización de variables se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 8: Variables e Indicadores.

Variable	Indicadores	Medición
Depósitos de sedimentos	Índice espectral	μm
	Índice espacial	m
	Radiometría	w/m ²
	Error cuadrático(J)	Adim.
	Dist. euclideano(D(x,y))	Adim.
	Reflectancias en Superficie Normalizado = [0 - 1]	Adim.

Fuente: Elaboración Propia

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

1. La técnica del procesamiento de información de las imágenes satelitales .
2. La técnica de la validación del entrenamiento de imágenes satelitales.
3. La técnica del procesamiento de información del Google earth engine utilizando el lenguaje de programación de Java Script.
4. la técnica de Machine learning para la clasificación de imágenes satelitales.

3.7.2 Instrumentos

- Las imágenes satelitales en su diferentes formatos como imágenes multiespectrales e hiperespectrales .
- Google earth engine .
- Servidor satelital de la USGS.
- Ráster (TIFF).
- Shapefile (shp).

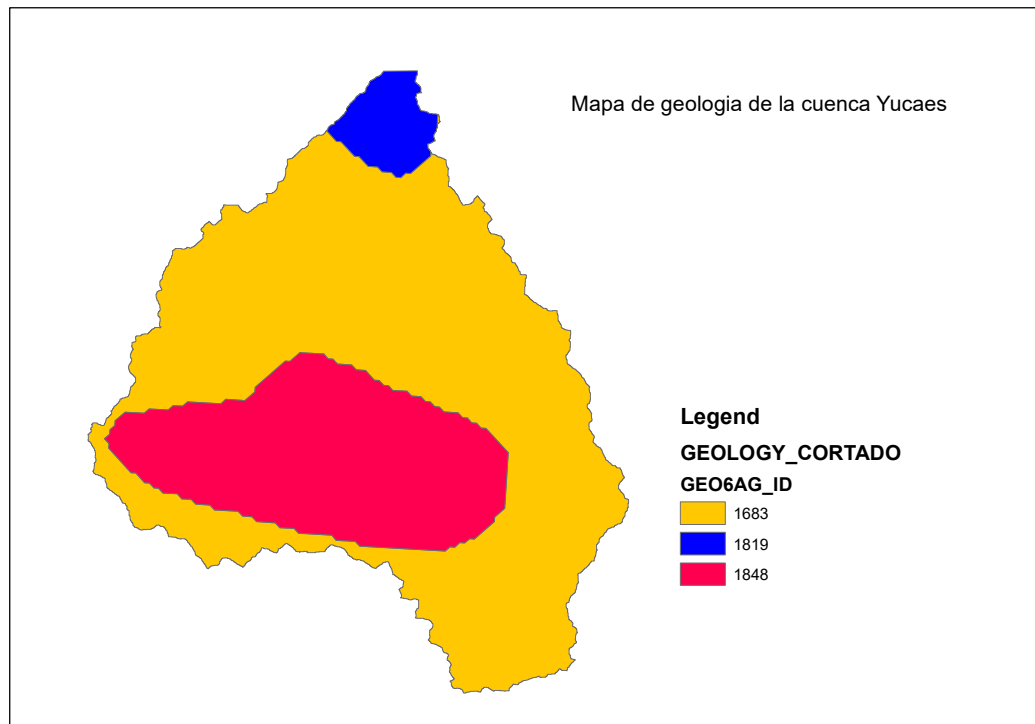
3.8 Desarrollo del trabajo de tesis

Área de estudio

La presente investigación se llevo acabo en la cuenca de Yucaes principalmente en el curso del río Yucaes debido a los procesos de transporte de sedimentos y depositos de sedimentos a lo largo del río, primero se menciona la mapa geologico de la cuenca de Yucaes para la formación geologica segun la FAO conociendo principalmente tres tipos de formación como se muestra en la Figura N°11 para la formación 1683, 1819 y 1848 segun la clasificación de USDA principalmente para estos 3 tipos de formación en la cuenca de Yucaes.

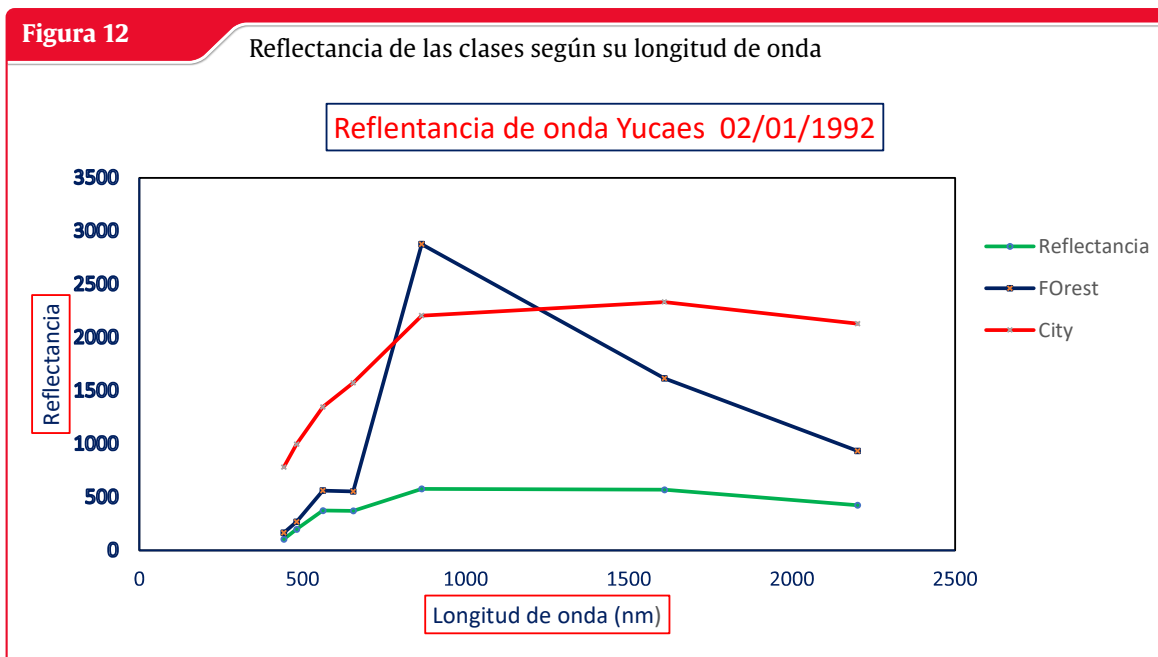
Figura 11

Mapa Geológica determinado por la FAO Y clasificado por el sistema USDA para la formación geológica y el tipo de suelo



Fuente: Elaboración Propia con ARCMAP

Para determinar la clasificación de los objetos tenemos que tener en cuenta la reflectancia de cada clase u objeto para poder reunir en un solo tipo de objeto todos los pixeles que tienen la misma reflectancia para cada objeto, como se puede apreciar en la figura N° 12 la reflectancia de cada clase



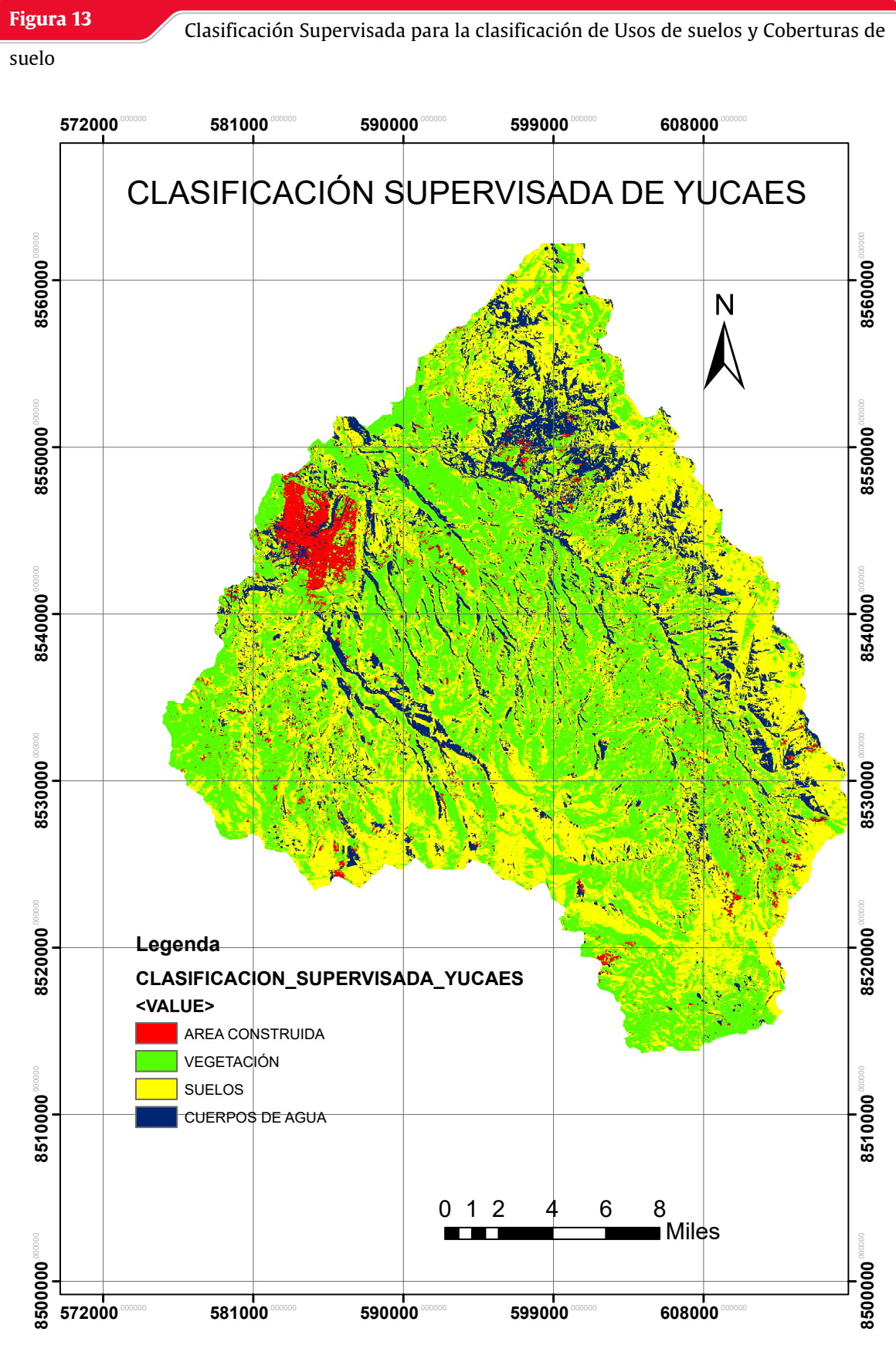
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Clasificación supervisada

La clasificación supervisada determinada en la cuenca de Yucaes para los 4 tipos de clases principalmente encontrado en la cuenca como son la clase de vegetación, la clase de cuerpos de agua, la clase de suelos, la clase de áreas construidas son las clases preponderantemente determinados para los usos y coberturas de suelos de la cuenca de Yucaes, el método utilizado para realizar la clasificación supervisado fue la Mahalanobis distance tomando como muestras las diferentes clases de la cuenca hasta determinar la clasificación de toda la cuenca en función a los valores de cada pixel a la que pertenecen a cada clase según su reflectancia, como se puede apreciar en la Figura N°13.

Clasificación no supervisada

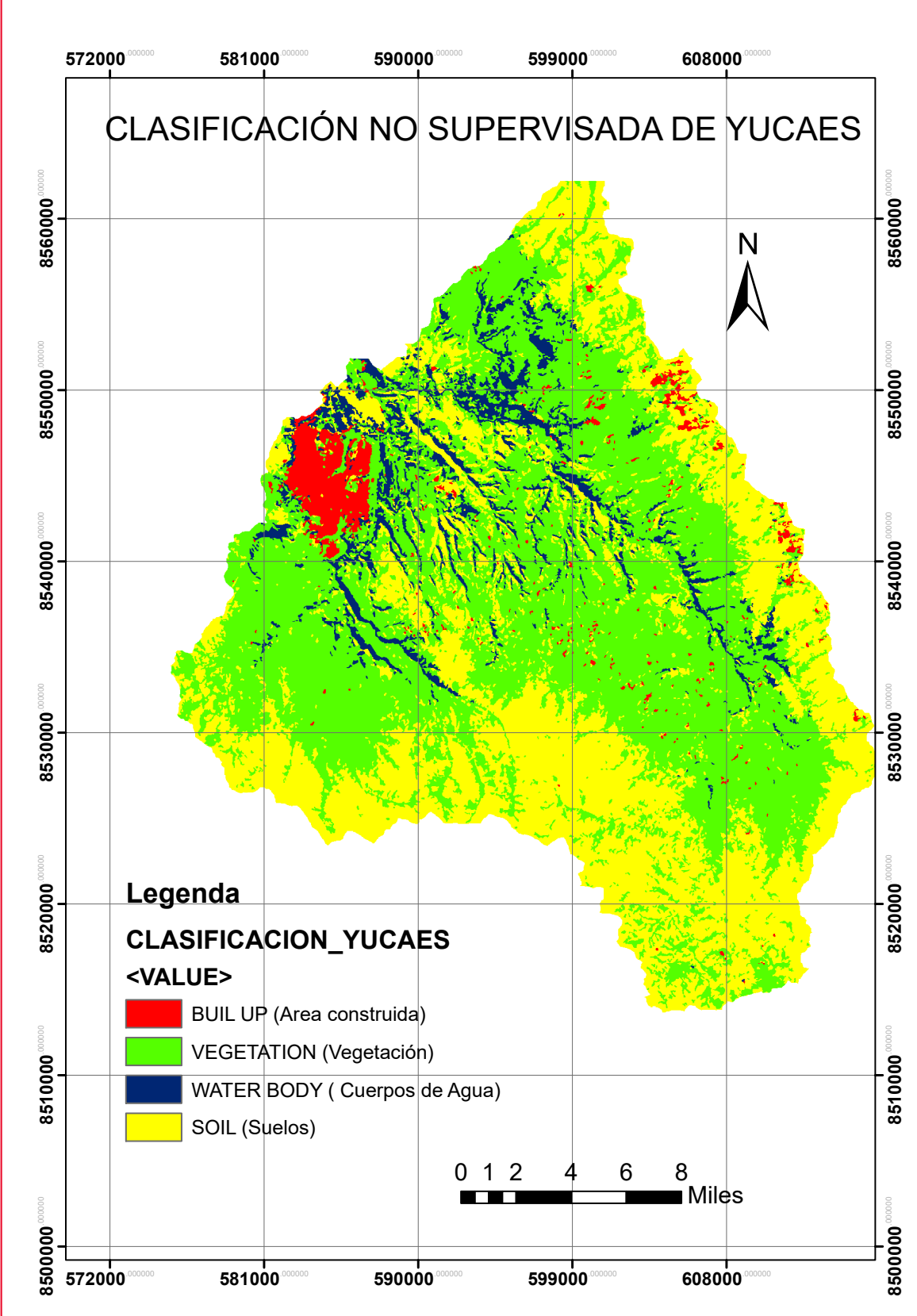
La clasificación no supervisada utilizada en la determinación de los objetos y clases fueron la clasificación utilizada con machine learning con clústeres de 4 clases con entrenamiento aleatorio para la determinación de las clases para la realización de la mapa de clasificación de usos y coberturas de suelos de la cuenca Yucaes, como se puede apreciar en la Figura N°14.



Fuente: Elaboración Propia con ENVI , ARCMAP

Figura 14

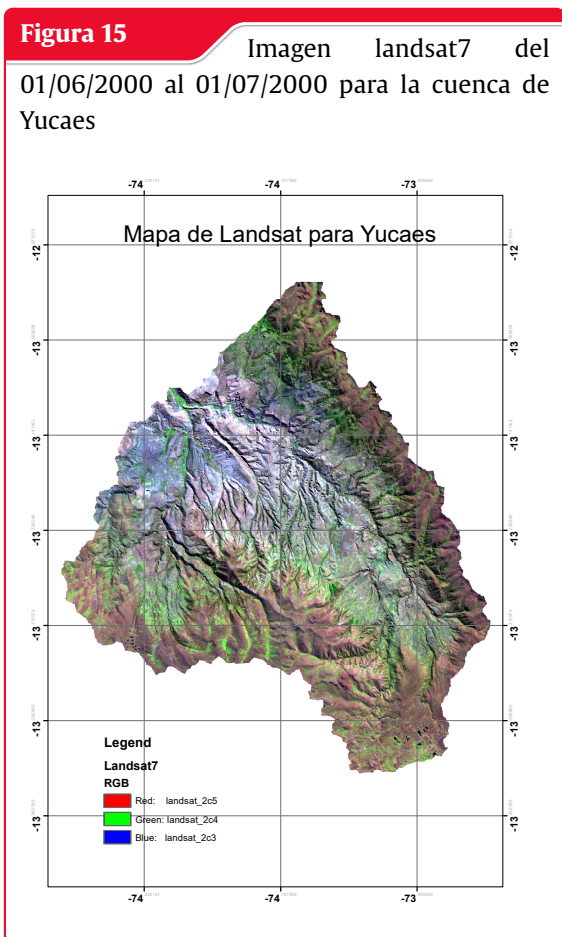
Clasificación no Supervisada para la clasificación de Usos de suelos y Coberturas de suelo



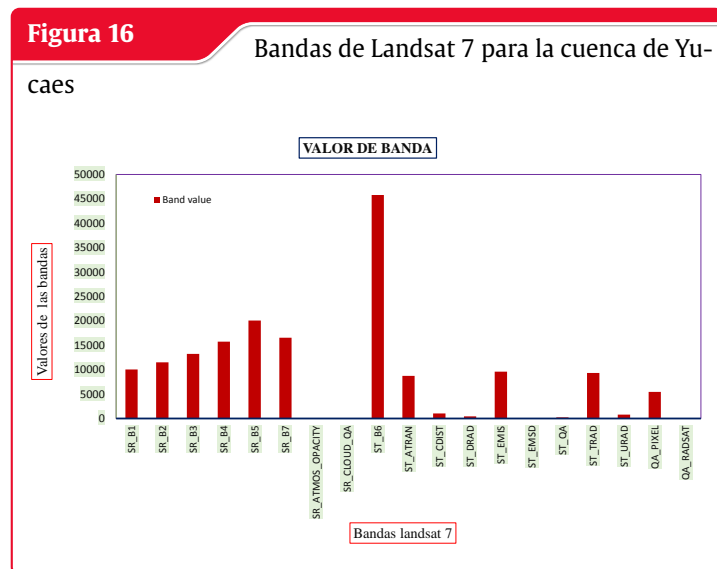
Fuente: Elaboración Propia con ENVI , ARCMAP

Cálculo de los índices espectrales para la teledetección de depósitos

Obtención de las bandas de Landsat y valores de las bandas Landsat 7, 8 donde se aprecia en la tabla N°15 las características principales de las bandas y de las imágenes satelitales para landsat.



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

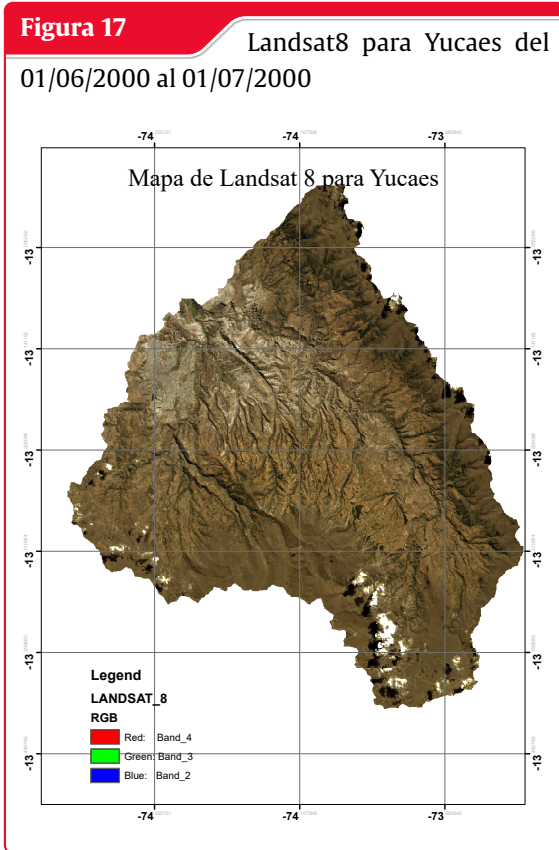
Tabla 9: Valores de las bandas de Landsat

Nombre de Banda	Valores de Banda	Nombre de Banda	Valores de Banda
SR_B1	10056	ST_CDIST	1047
SR_B2	11499	ST_DRAD	428
SR_B3	13228	ST_EMIS	9587
SR_B4	15738	ST_EMISD	92
SR_B5	20064	ST_QA	216
SR_B7	16544	ST_TRAD	9320
SR_ATMOS_OPACITY	8	ST_URAD	804
SR_CLOUD_QA	0	QA_PIXEL	5440
ST_B6	45801	QA_RADSAT	0

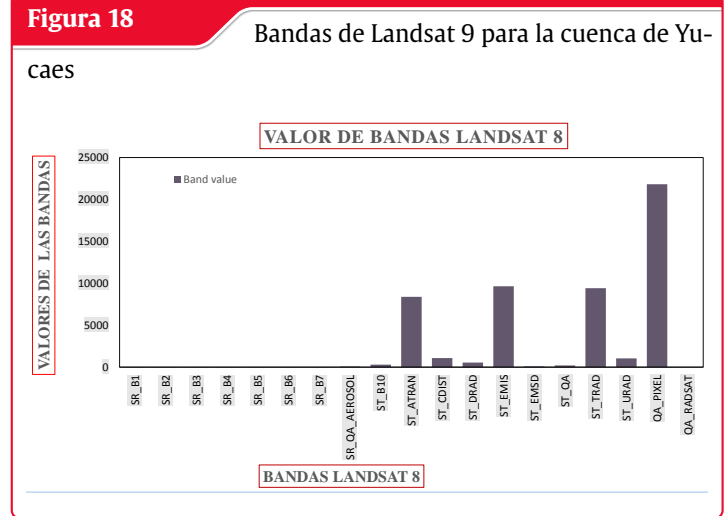
ST_ATRAN

8730

Fuente: Elaboración Propia tomado de GRASS GIS del complemento de Rbasin wikipedia



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap



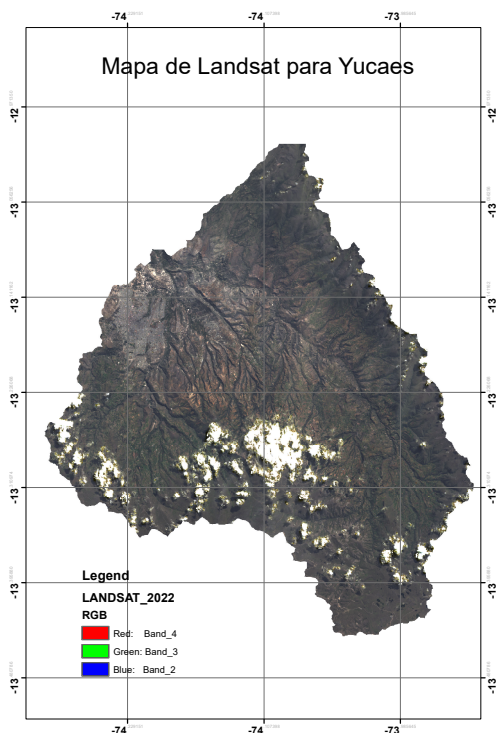
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Tabla 10: Valores de las bandas de Landsat

Nombre de Banda	Valores de Banda	Nombre de Banda	Valores de Banda
SR_B1	0.047	ST_CDIST	1931
SR_B2	0.063	ST_DRAD	678
SR_B3	0.102	ST_EMIS	9633
SR_B4	0.121	ST_EMSD	223
SR_B5	0.289	ST_QA	226
SR_B7	0.27	ST_TRAD	9696
SR_ATMOS_OPACITY	0.197	ST_URAD	1347
SR_CLOUD_QA	96	QA_PIXEL	21824
ST_B6	308.153	QA_RADSAT	0
ST_ATRAN	7993		

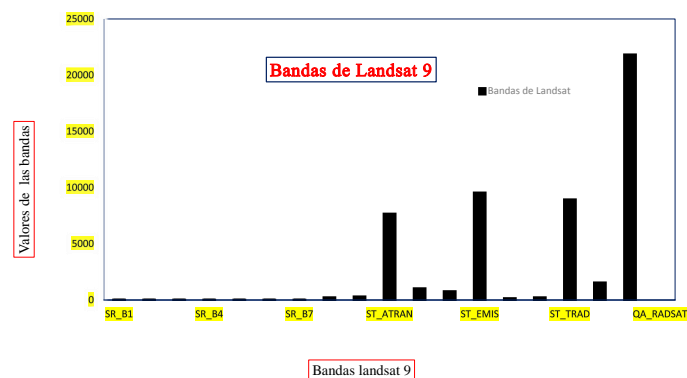
Fuente: Elaboración Propia tomado de GRASS GIS del complemento de Rbasin wikipedia

Figura 19 Landsat7 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 20 Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Tabla 11: Valores de las bandas de Landsat para la cuenca de Yucaes

Nombre de Banda	Valores de Banda	Nombre de Banda	Valores de Banda
SR_B1	0.025	ST_CDIST	656
SR_B2	0.034	ST_DRAD	850
SR_B3	0.054	ST_EMIS	9535
SR_B4	0.061	ST_EMISD	400
SR_B5	0.148	ST_QA	334
SR_B7	0.152	ST_TRAD	8591
SR_ATMOS_OPACITY	0.103	ST_URAD	1732
SR_CLOUD_QA	96	QA_PIXEL	21824
ST_B6	300.104	QA_RADSAT	0
ST_ATRAN	7412		

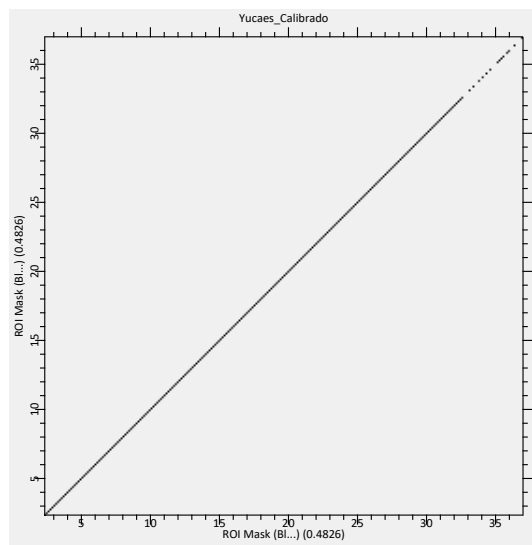
Fuente: Elaboración Propia tomado de GRASS GIS del complemento de Rbasin wikipedia

Regresión Lineal para las Bandas del Landsat8

se puede observar los valores de las bandas para Landsat8 distribuidos de dos en dos bandas para determinar los valores de la regresión lineal entre las bandas para todas las bandas de Landsat desde la banda2 hasta la banda 7 donde podemos apreciar los valores de los pixeles y la distribución en la imagen satelital para la longitud de onda de cada banda las cuales crearán nuevo índices espectrales.

Figura 21

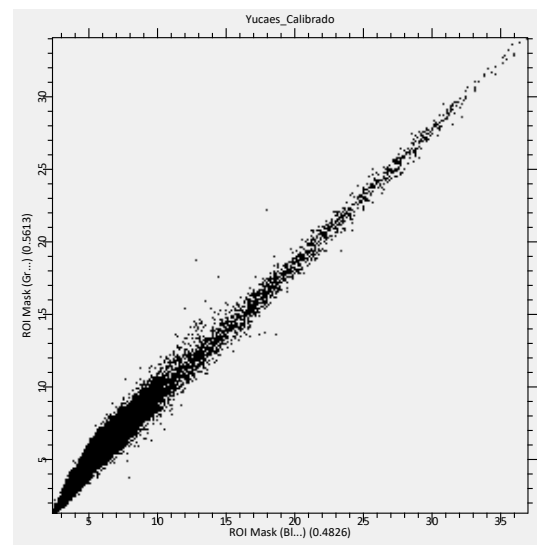
Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 22

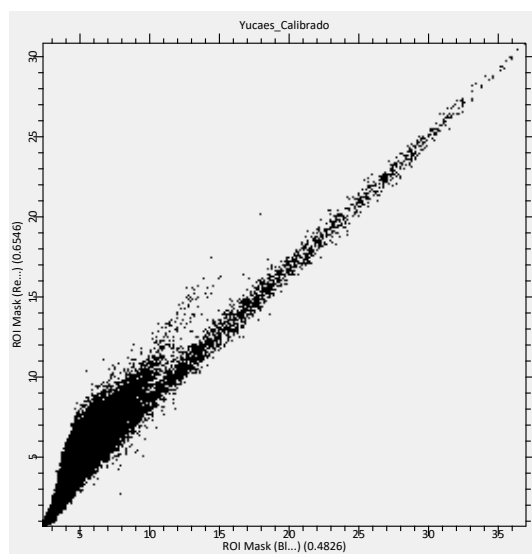
Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 23

Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000

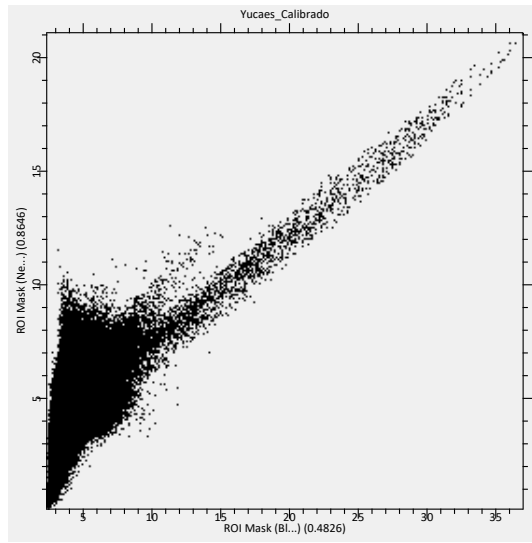


Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 24

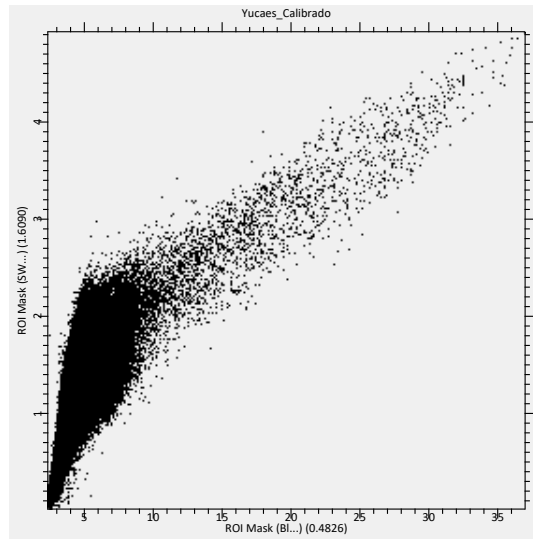
Bandas de Landsat 9 para la

cuenca de Yucaes



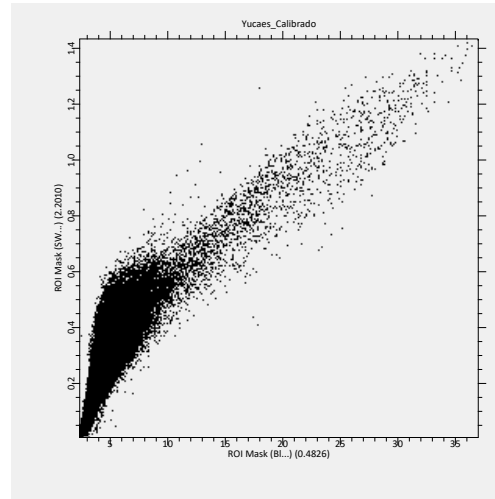
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 25 Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



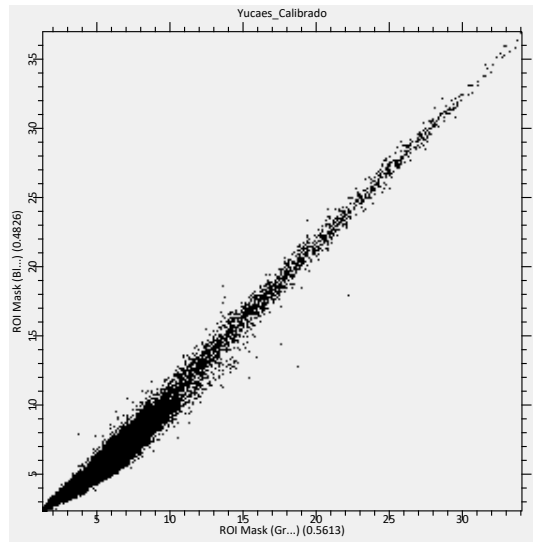
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 26 Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



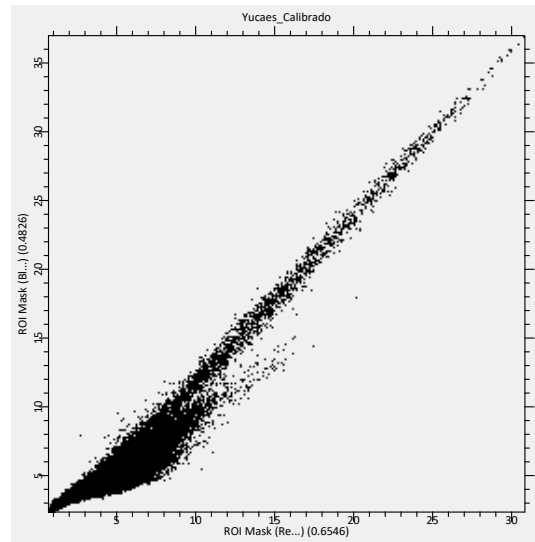
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 27 Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



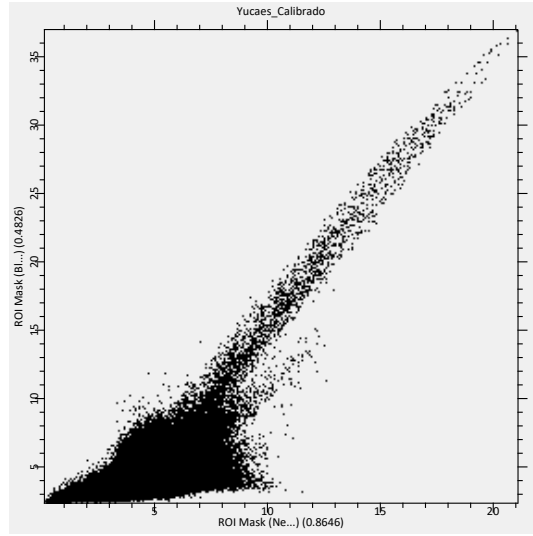
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 28 Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



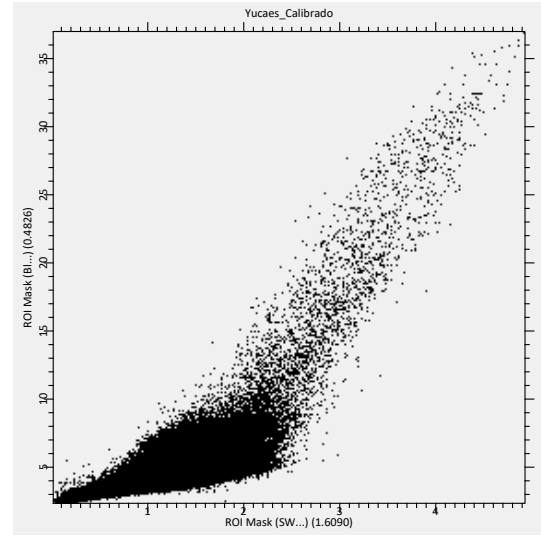
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 29 Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



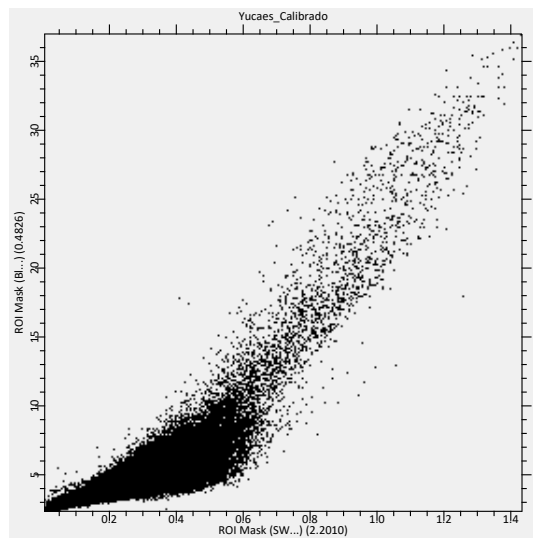
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 30 Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



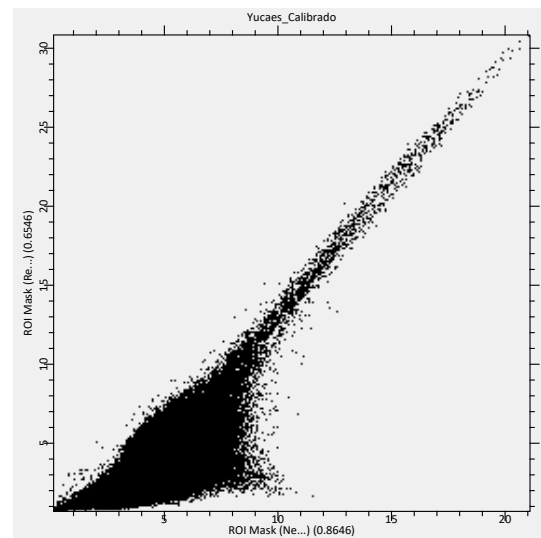
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 31 Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

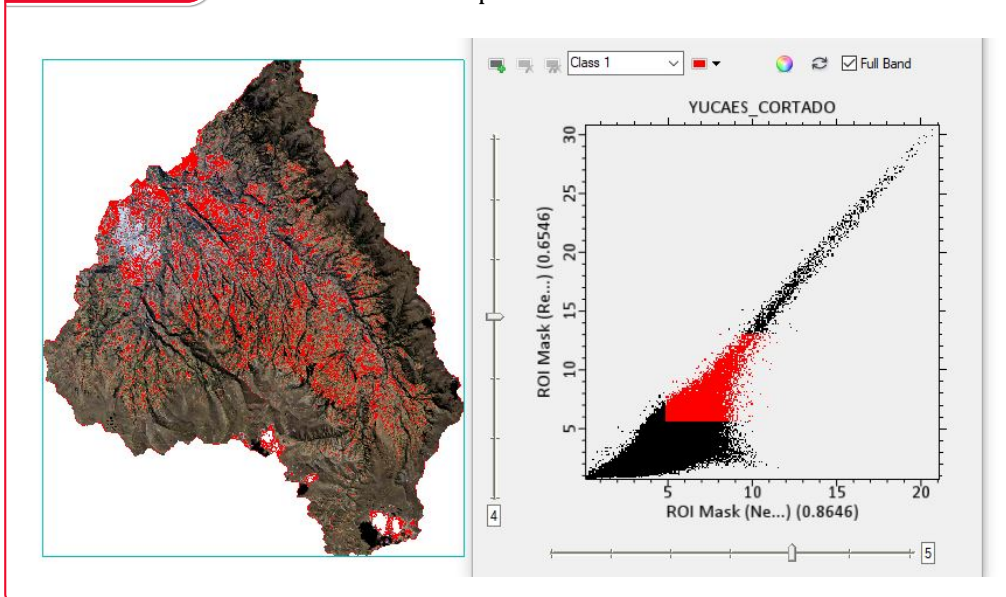
Figura 32 Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 33

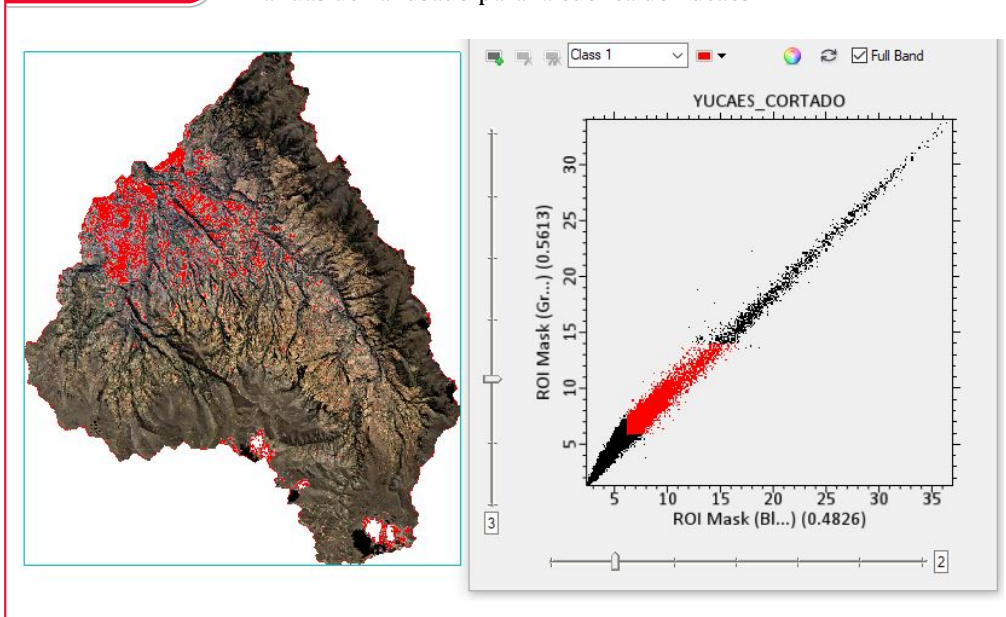
Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 34

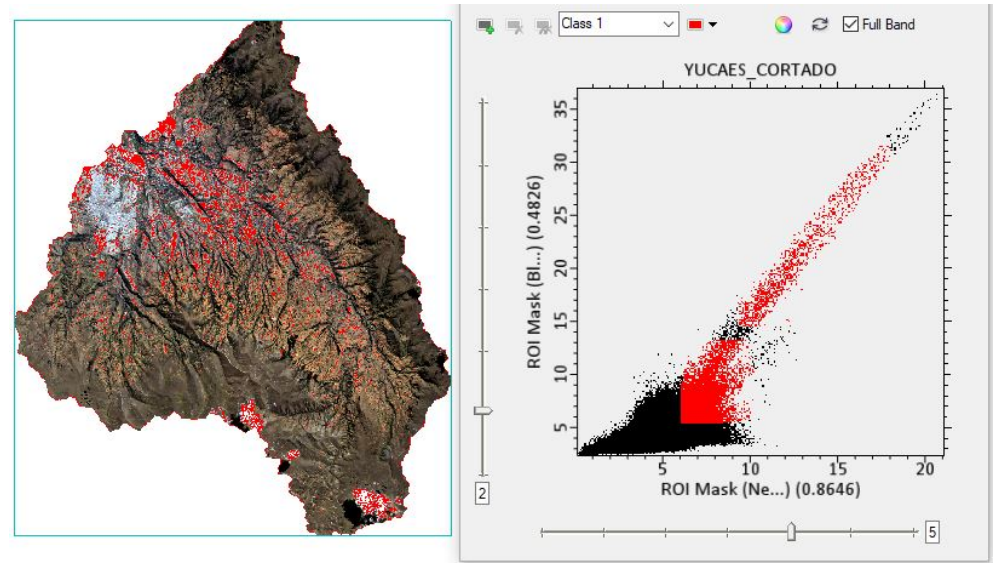
Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 35

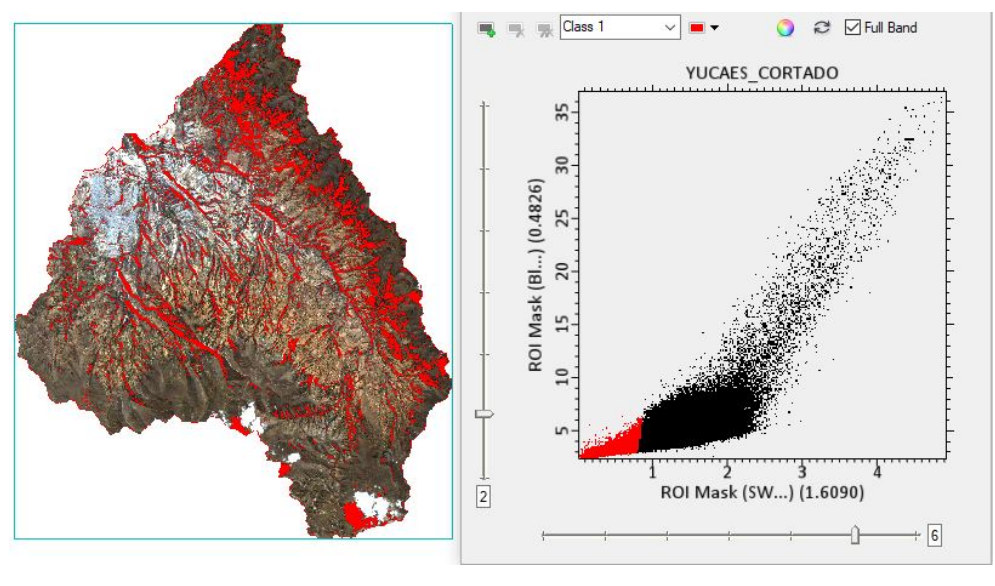
Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 36

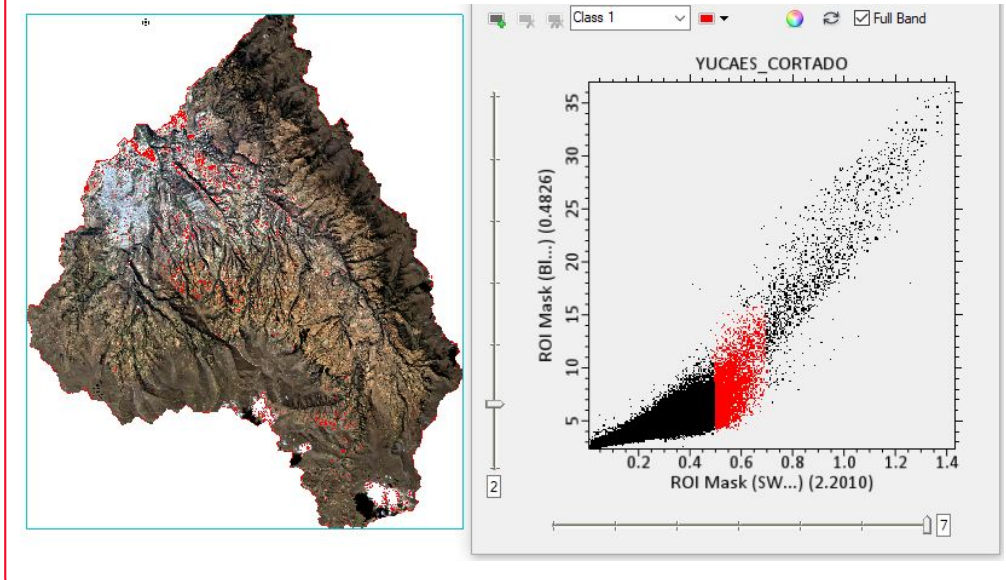
Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 37

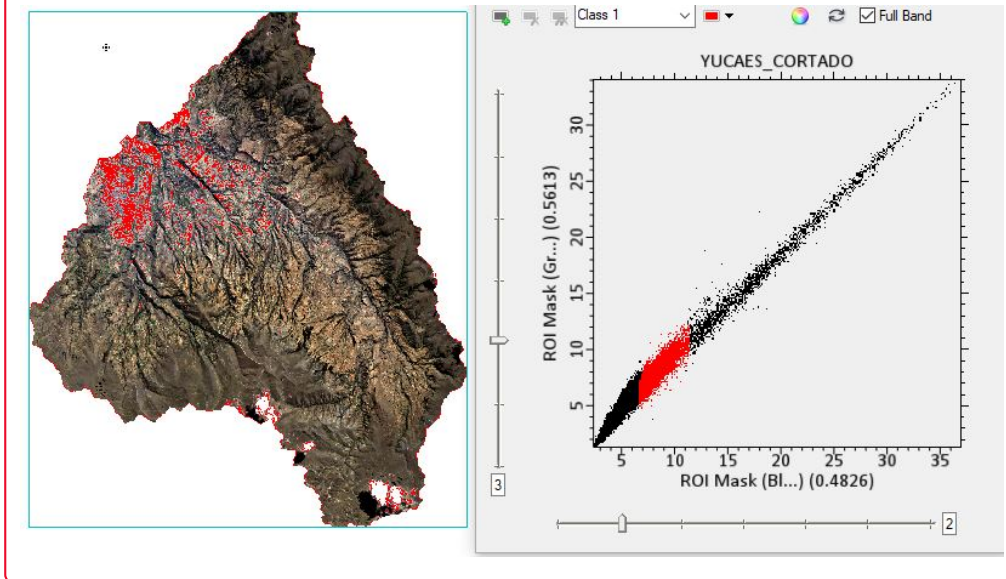
Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



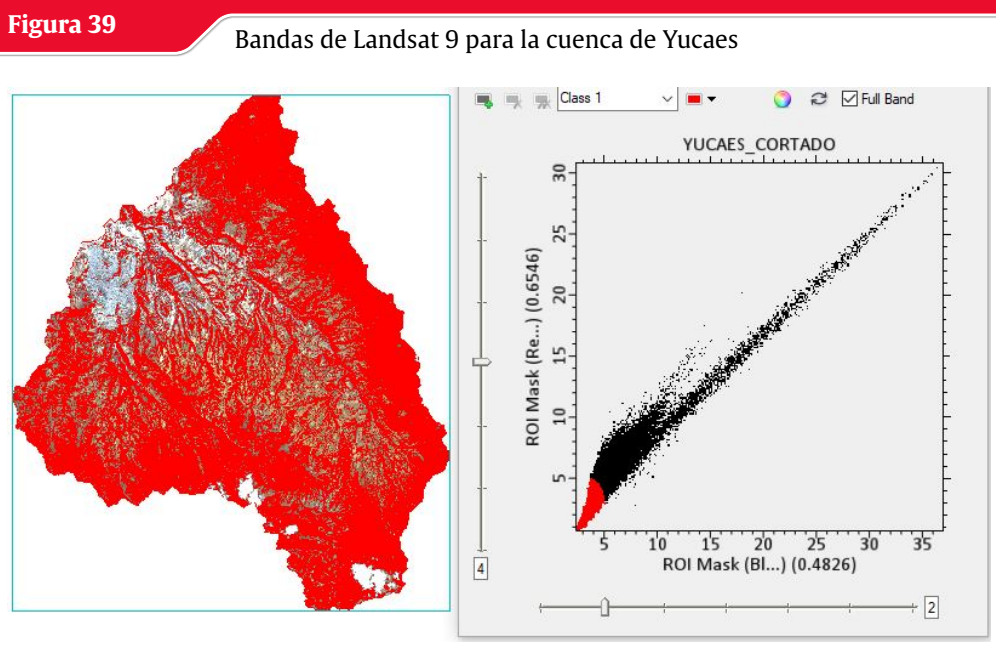
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 38

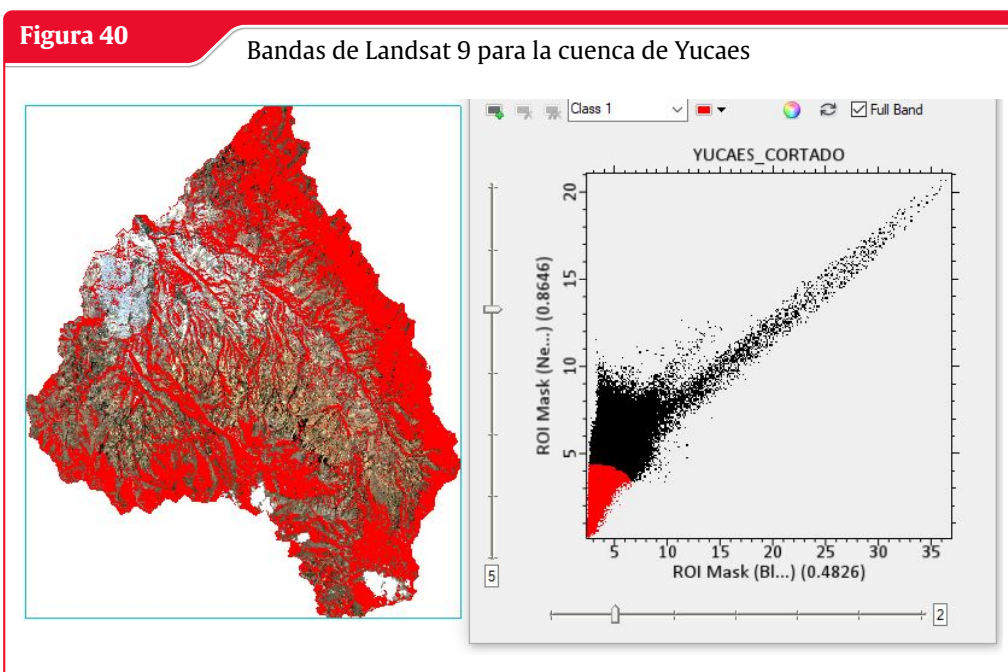
Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS



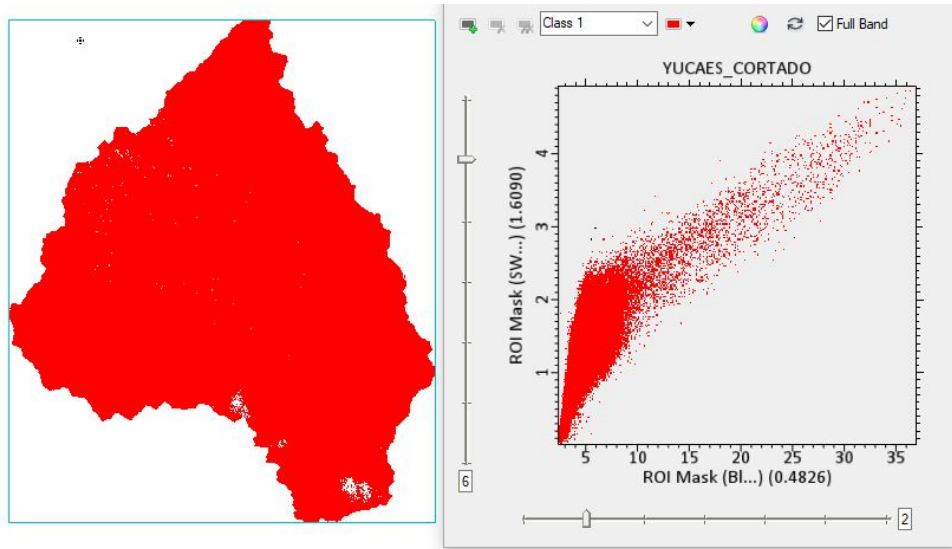
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 41

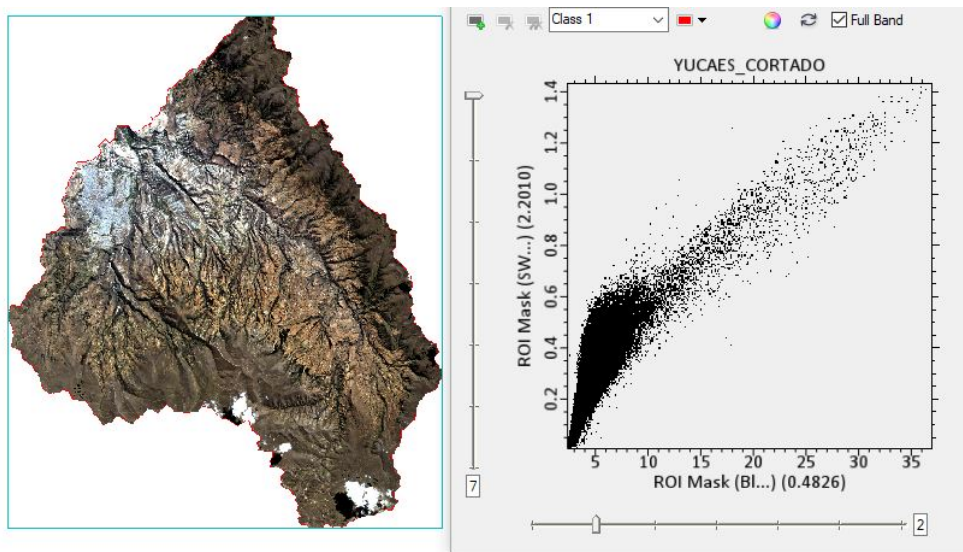
Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 42

Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



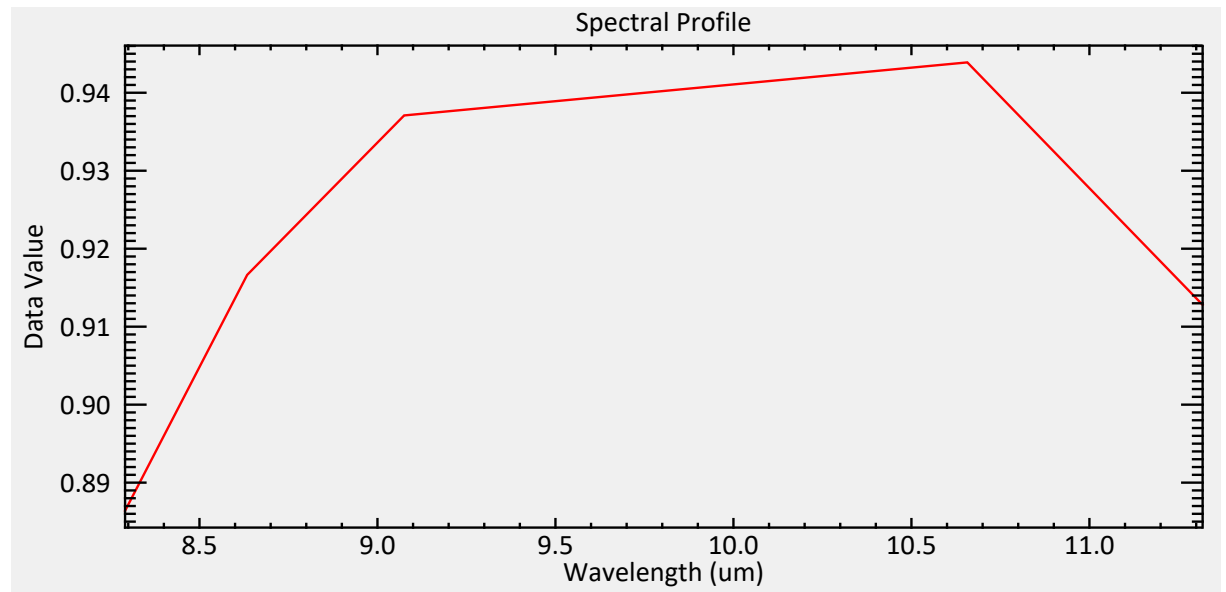
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Bandas del formato ASTER

Tenemos la longitud de onda para el sensor TIR thermal infrared como sabemos la longitud de onda para el TIR termal desde 8.29 a 11.31 micrometros donde podemos apreciar el comportamiento de la banda TIR

Figura 43

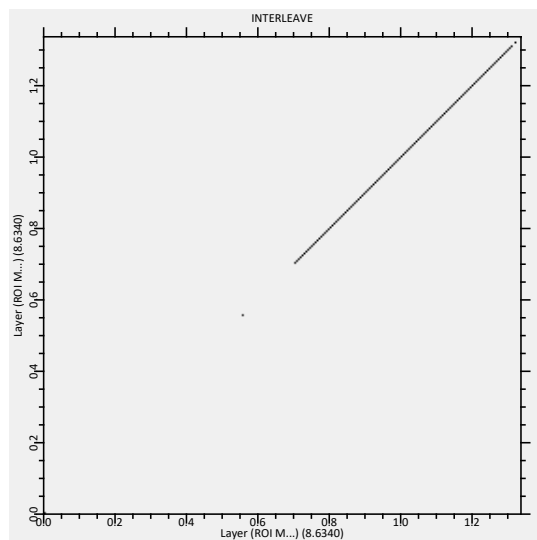
ASTER para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

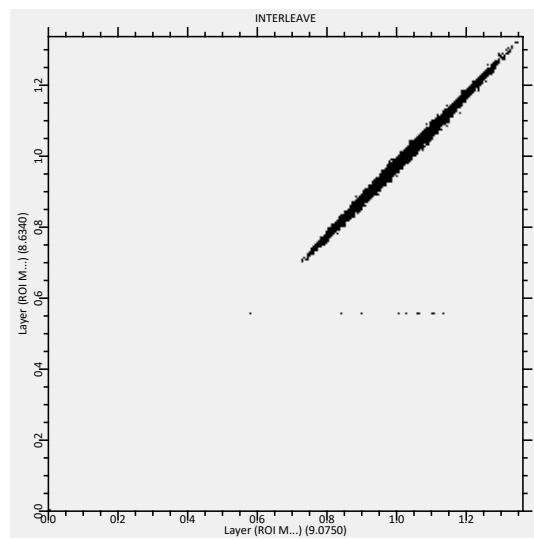
Regresión de las Bandas de ASTER TIR(thermal infrared)

Figura 44 ASTER para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



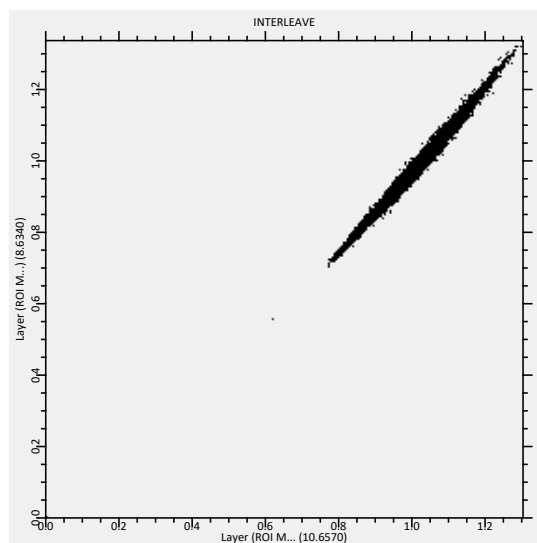
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 45 ASTER para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



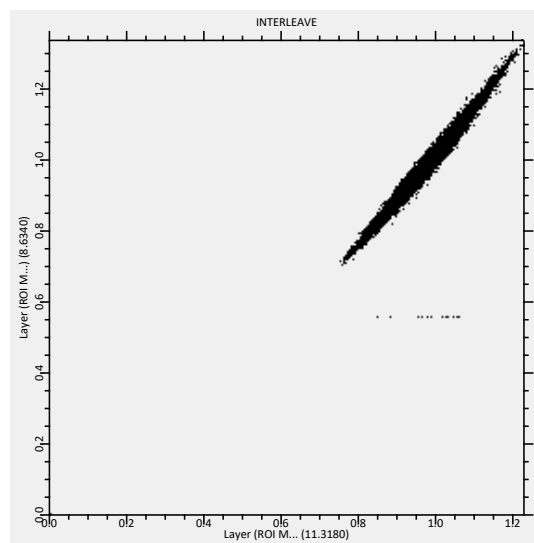
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 46 bandas de ASTER para creación de índices espectrales



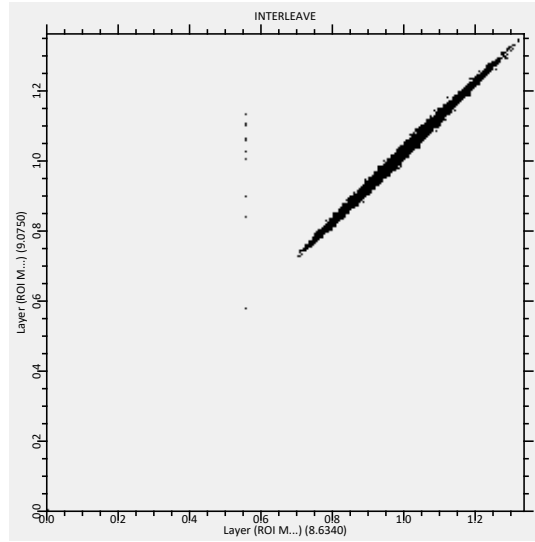
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 47 bandas de ASTER para creación de índices espectrales



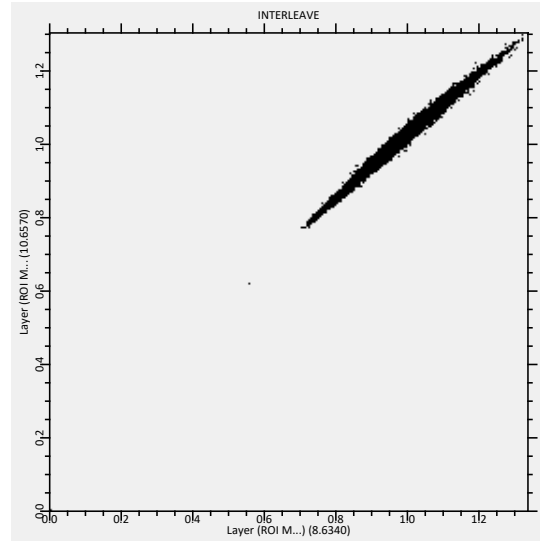
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 48 bandas de ASTER para creación de índices espectrales



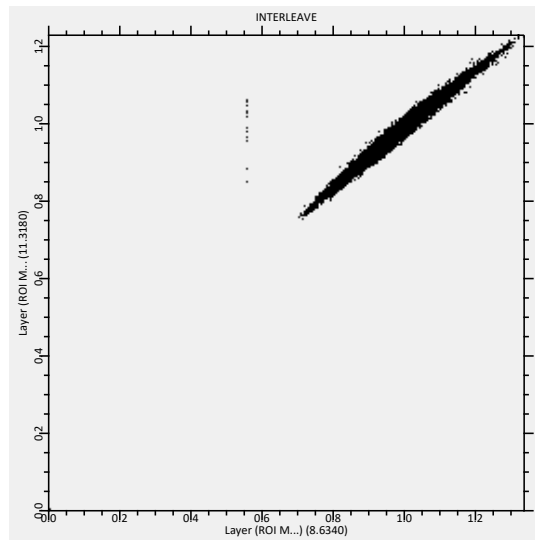
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 49 bandas de ASTER para creación de índices espectrales



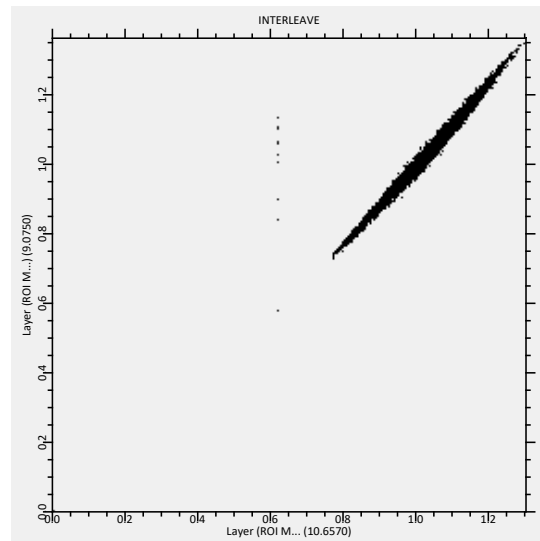
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 50 bandas de ASTER para creación de índices espectrales



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

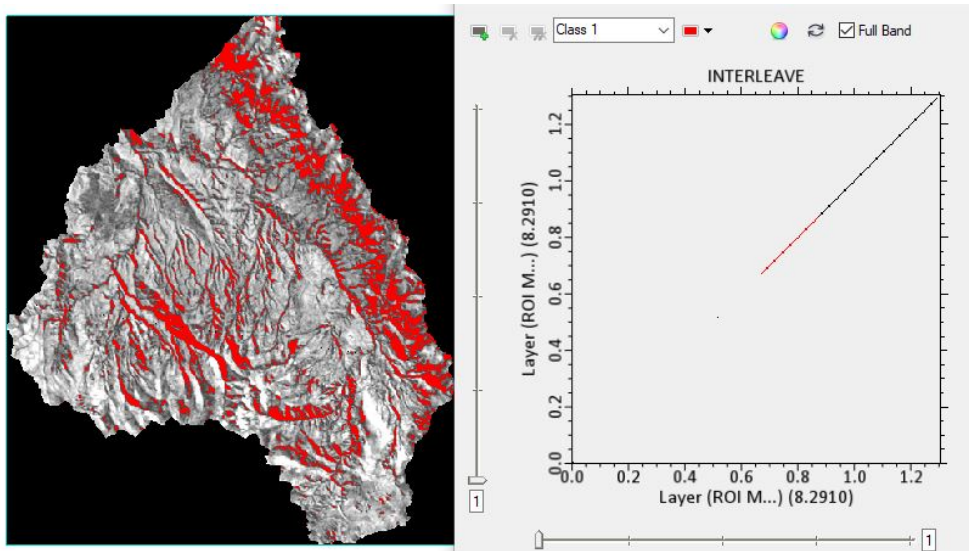
Figura 51 bandas de ASTER para creación de índices espectrales



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 52

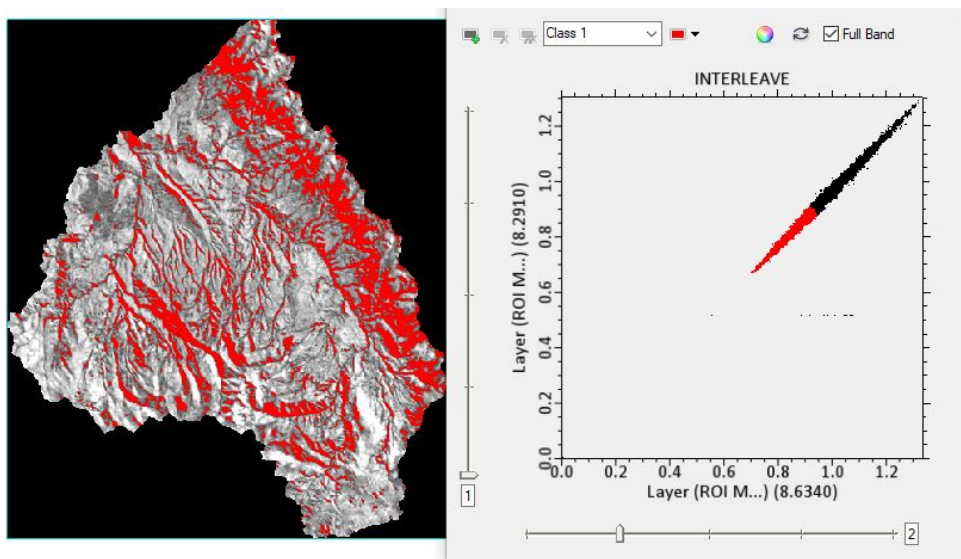
bandas de ASTER para creación de índices espectrales



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 53

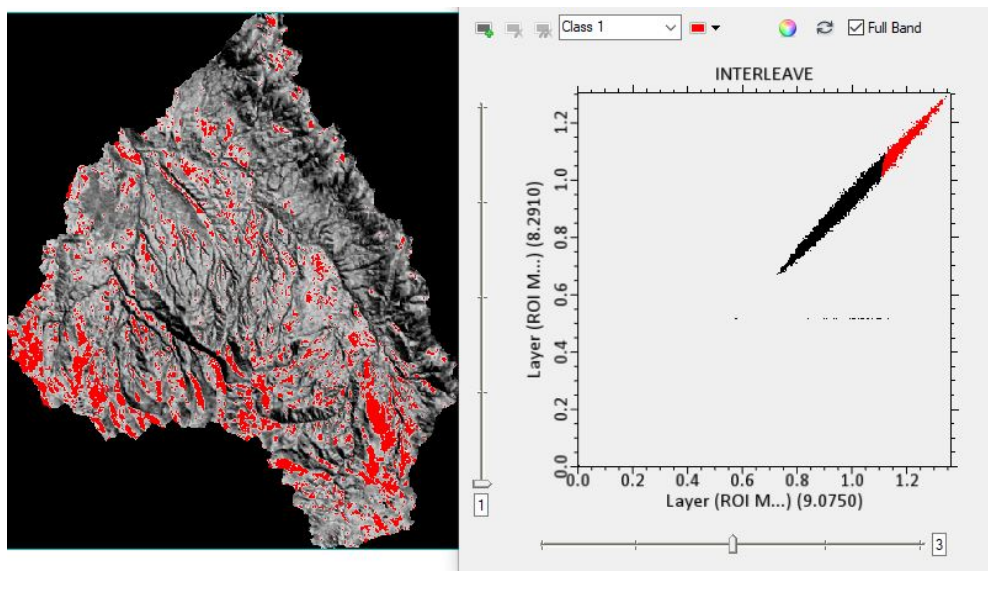
bandas de ASTER para creación de índices espectrales



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 54

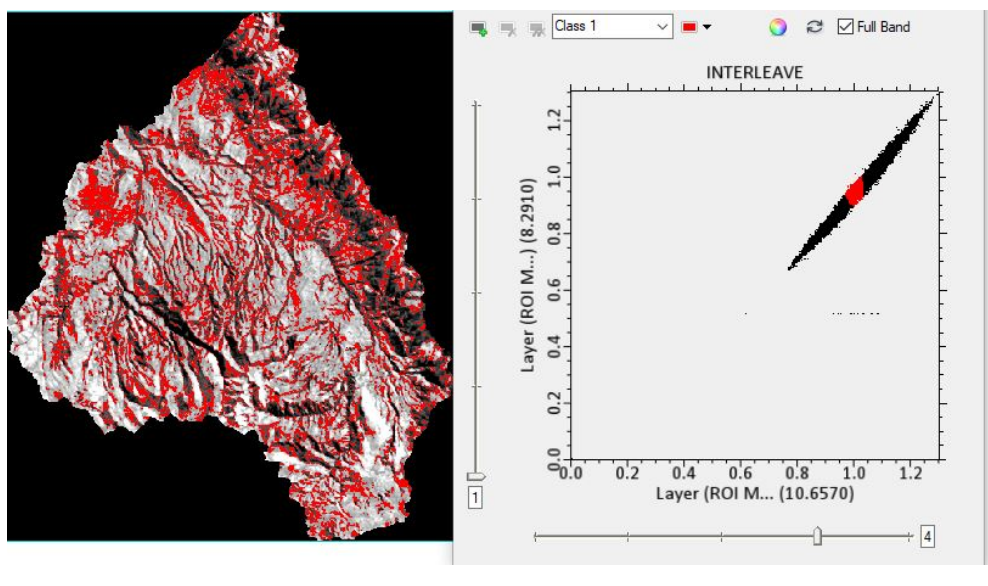
bandas de ASTER para creación de índices espectrales



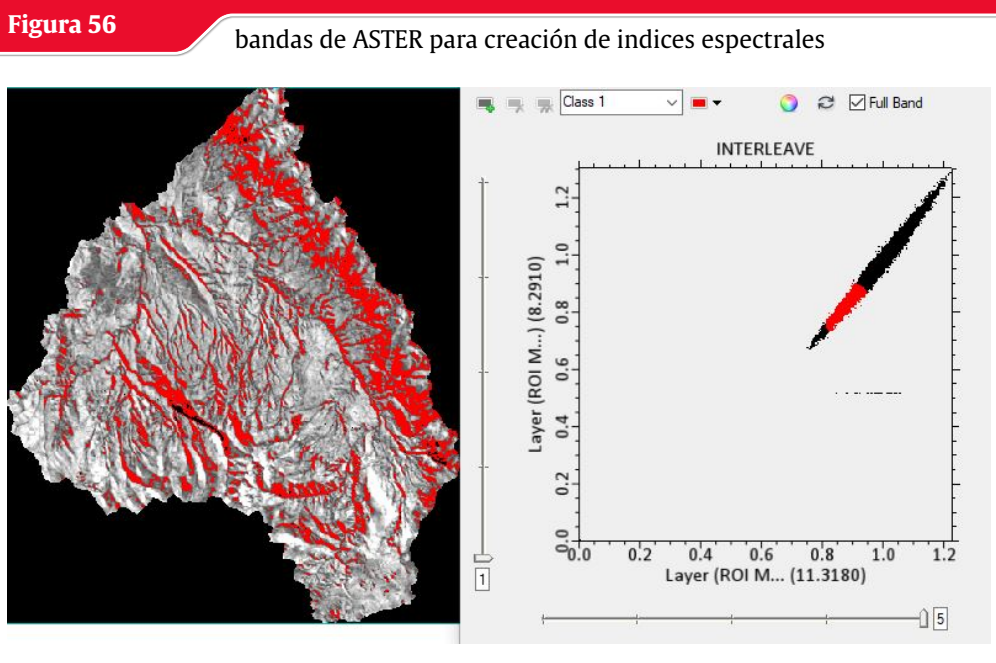
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 55

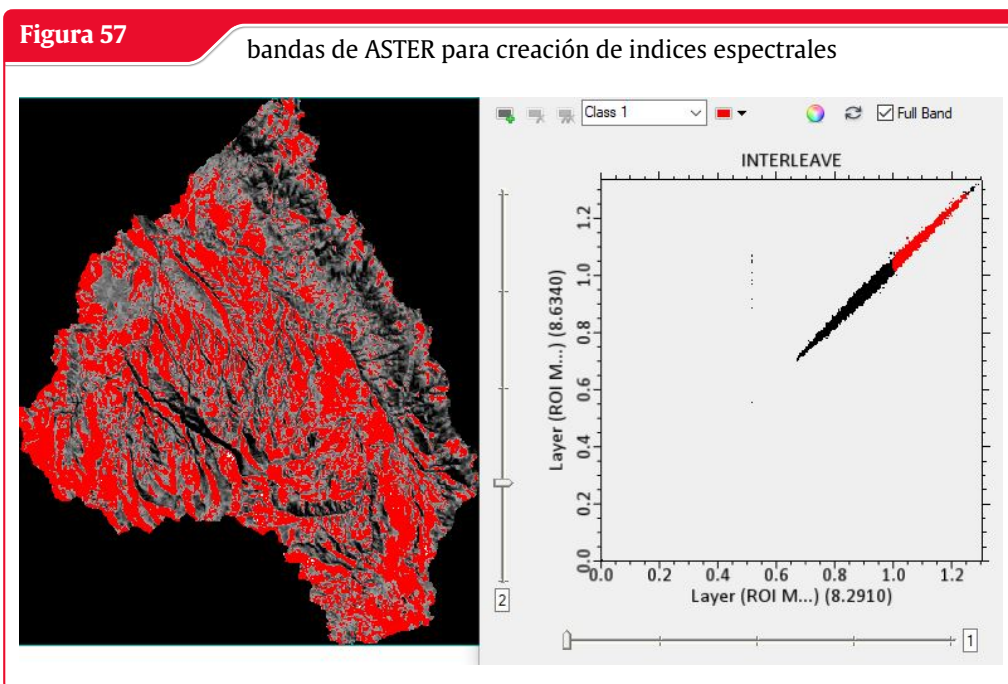
bandas de ASTER para creación de índices espectrales



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS



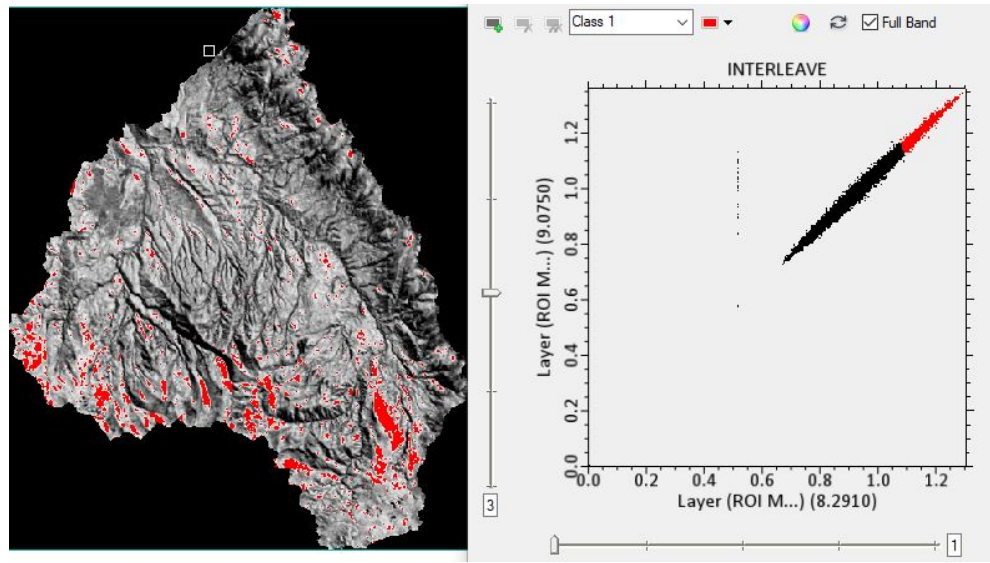
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 58

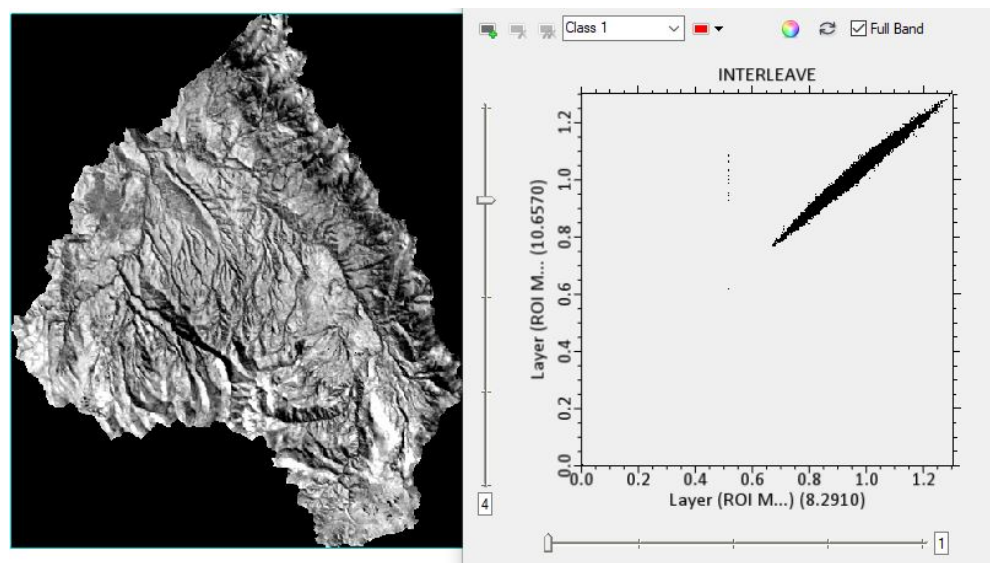
bandas de ASTER para creación de índices espectrales



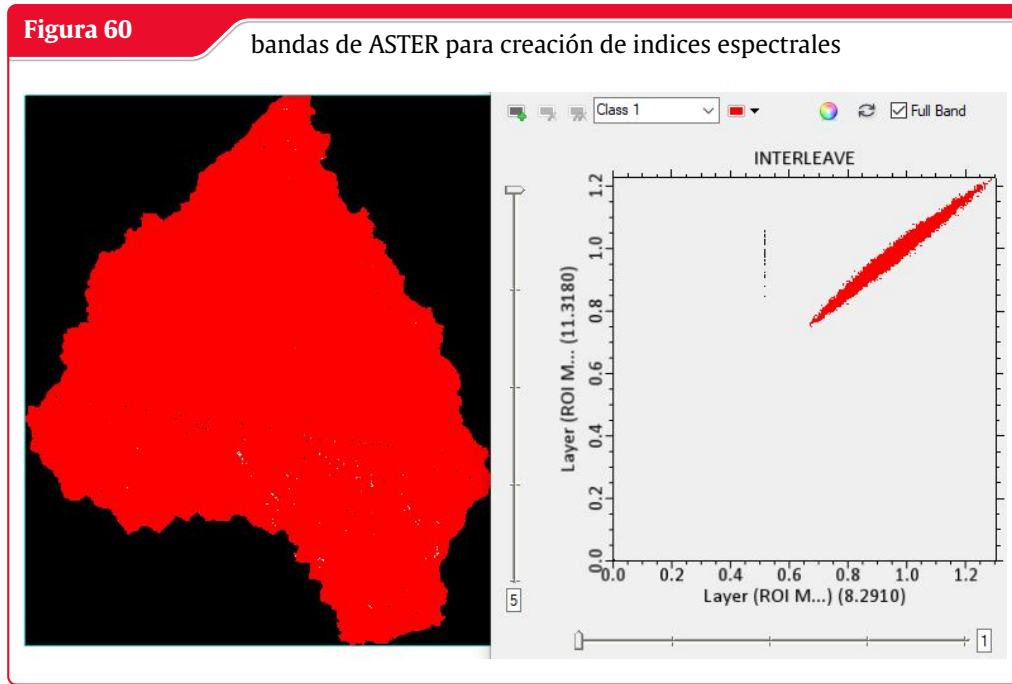
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Figura 59

bandas de ASTER para creación de índices espectrales



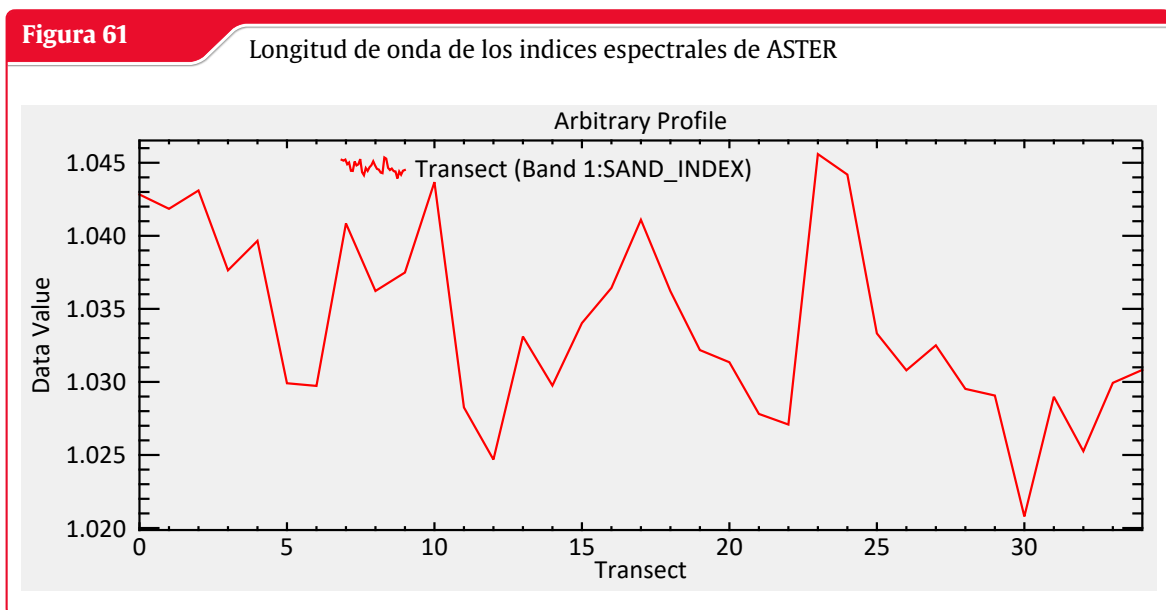
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap



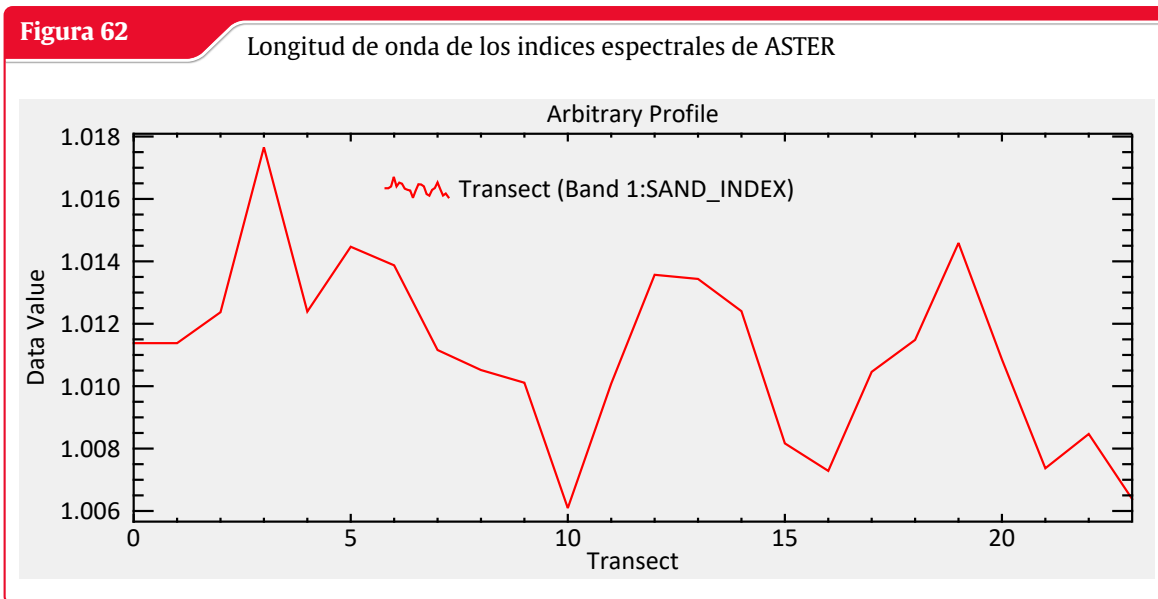
Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

Creación de Sand Index con TIR ASTER

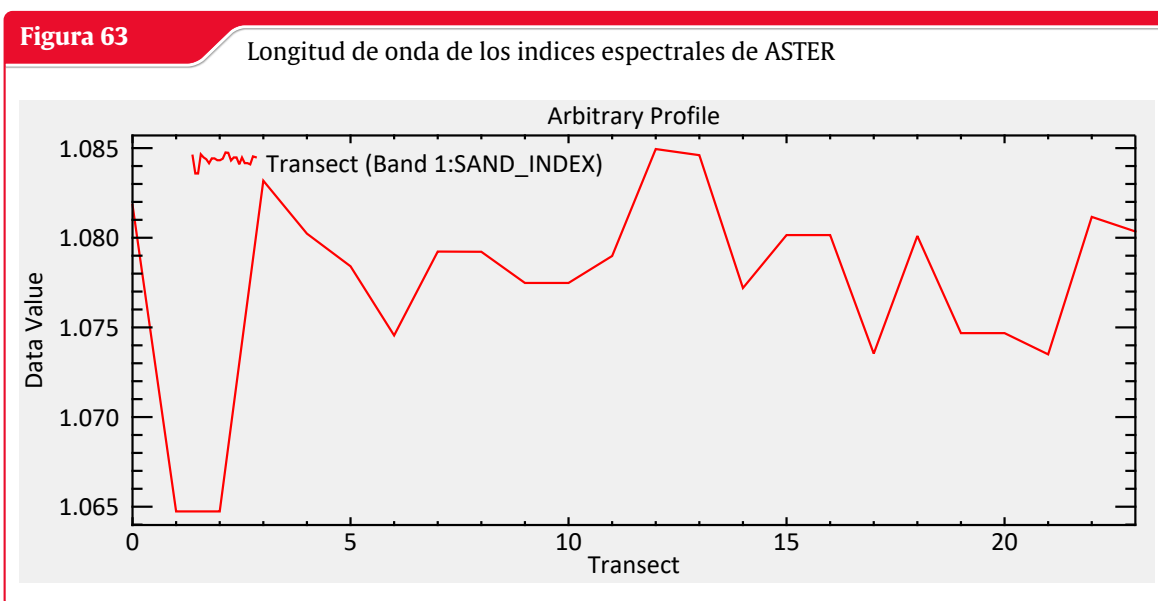
Creación de la mapa para el índice de tamaño de grano utilizado con el índice espectral Grain index



Fuente: Elaboración Propia con ENVI



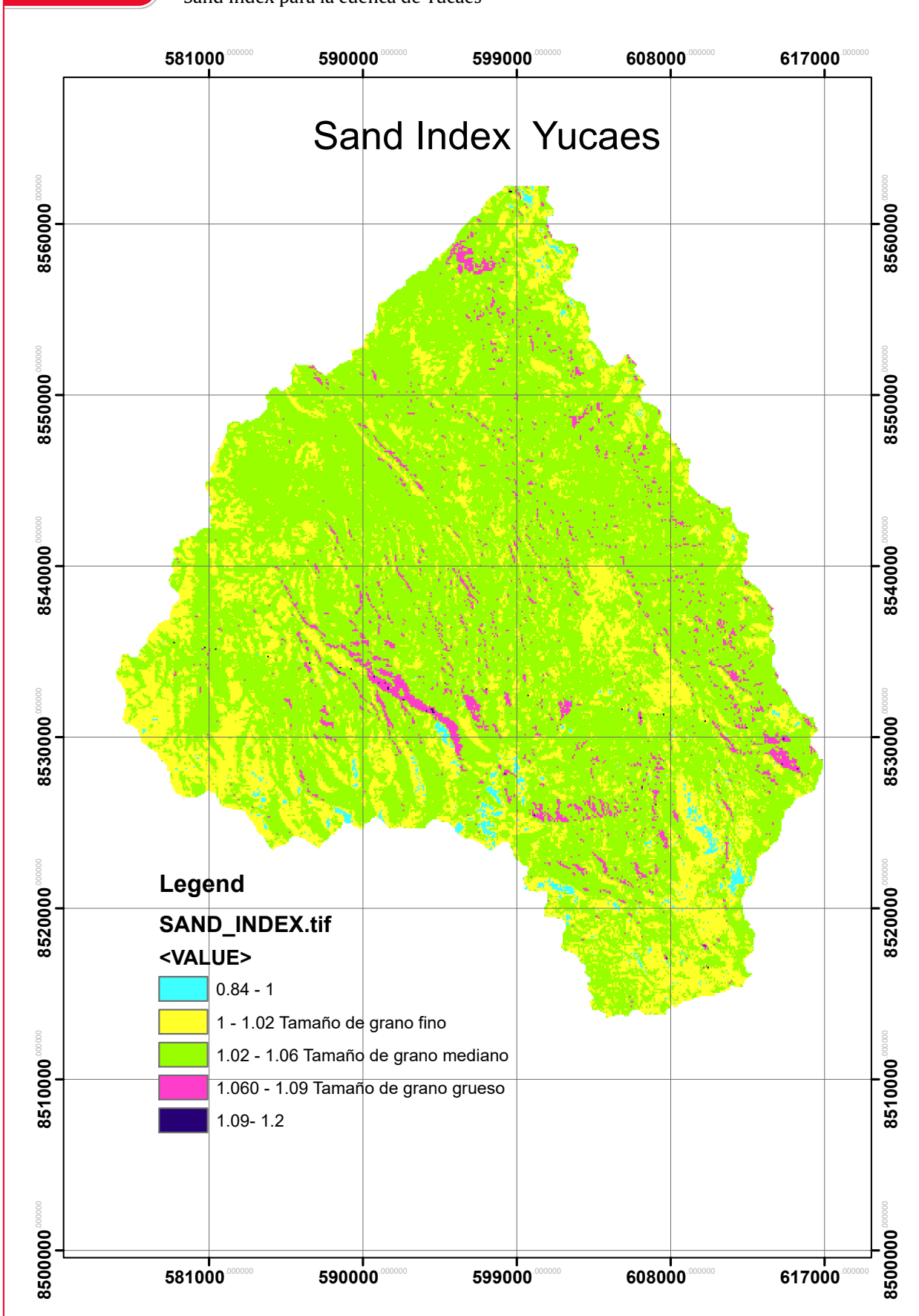
Fuente: Elaboración Propia con ENVI



Fuente: Elaboración Propia con ENVI

Figura 64

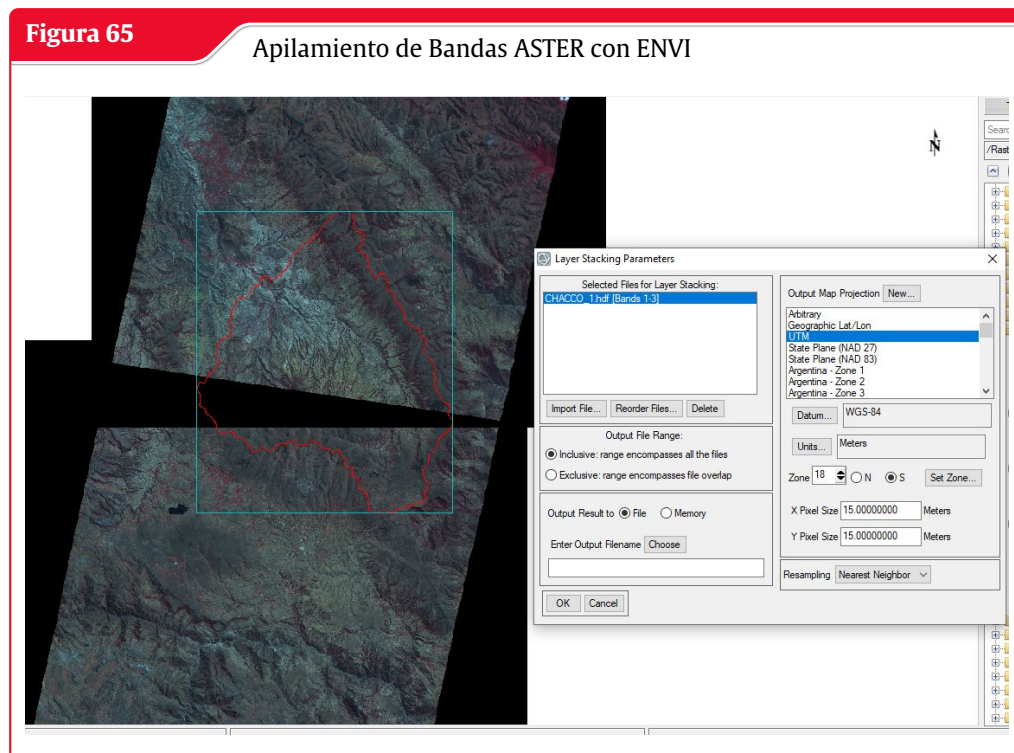
Sand Index para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con ENVI

Apilamiento de Bandas ASTER

Preprocesamiento de las bandas ASTER para la creación de los índices espectrales para Grain size Index, Grain Index y Sand Index 3 , realizanod la corrección atmosférica y la calibración radiométrica para el cálculos de los índices.



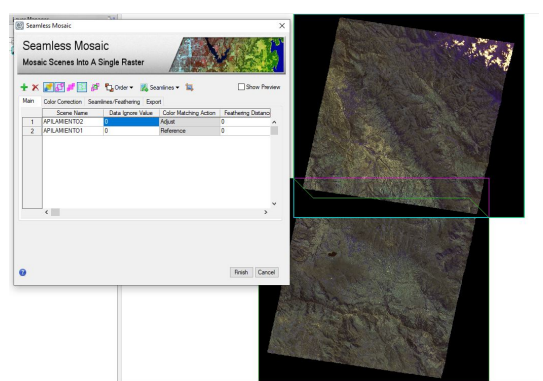
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Bandas apiladas de ASTER para la cuenca de Yucaes



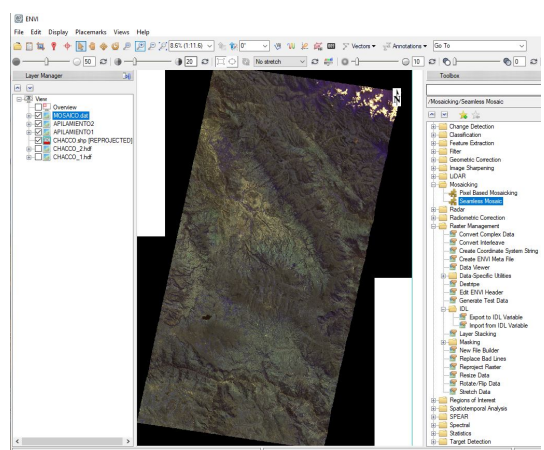
Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 67 Landsat8 para Yucaes del 01/06/2000 al 01/07/2000



Fuente: Elaboración Propia con GEE y Arcmap

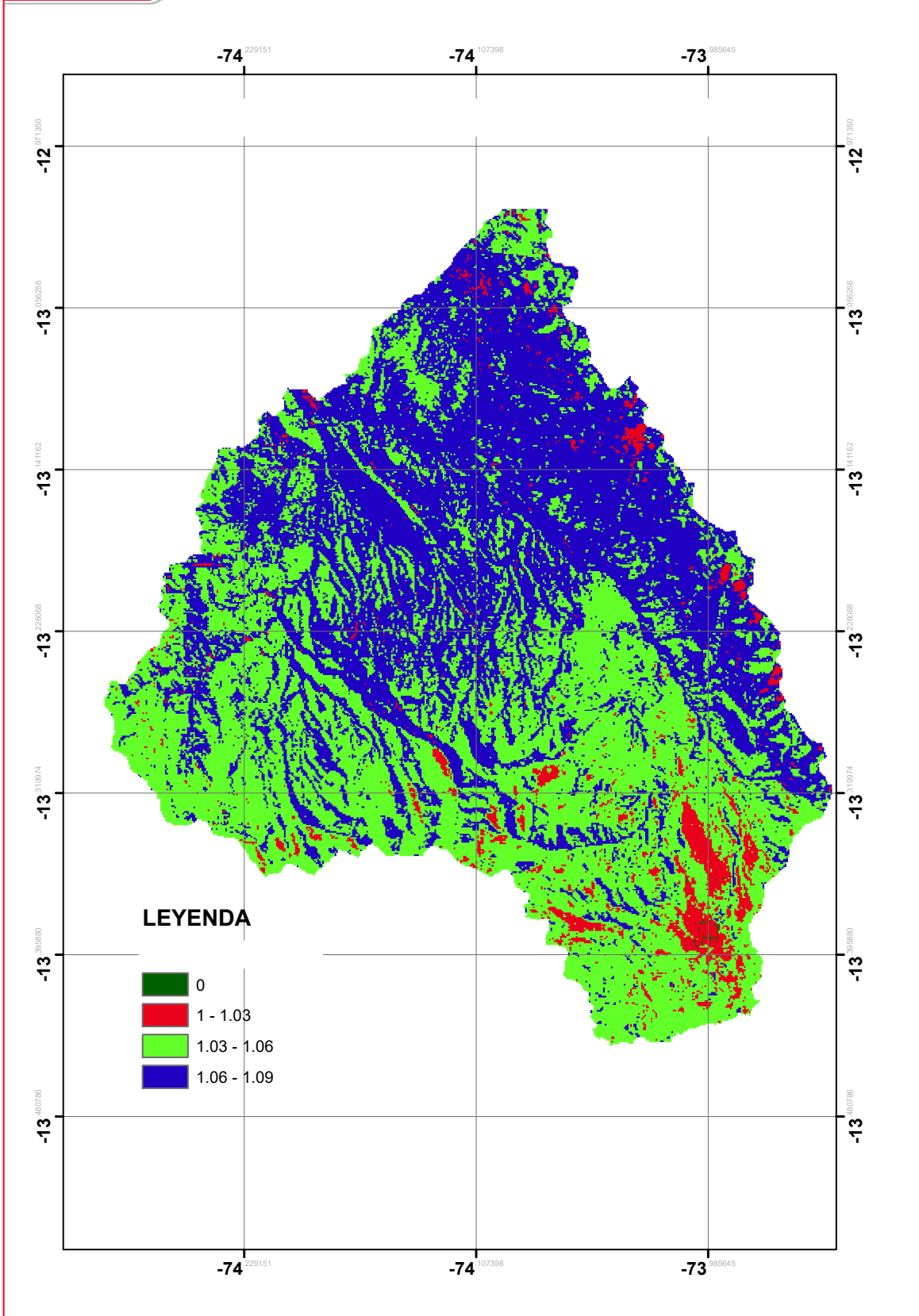
Figura 68 Bandas de Landsat 9 para la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia con HEC-HMS

Figura 69

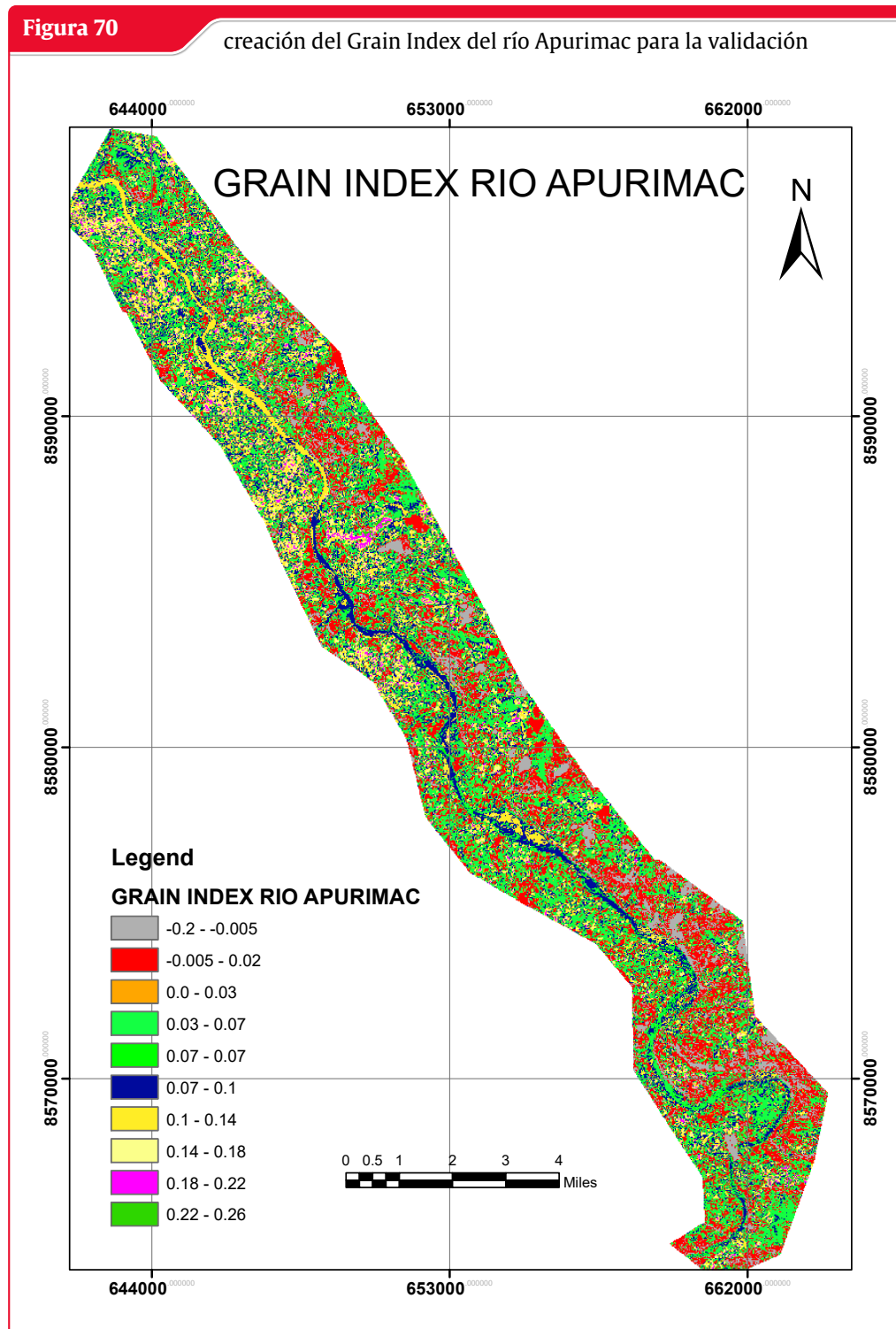
Creación del Grain Index



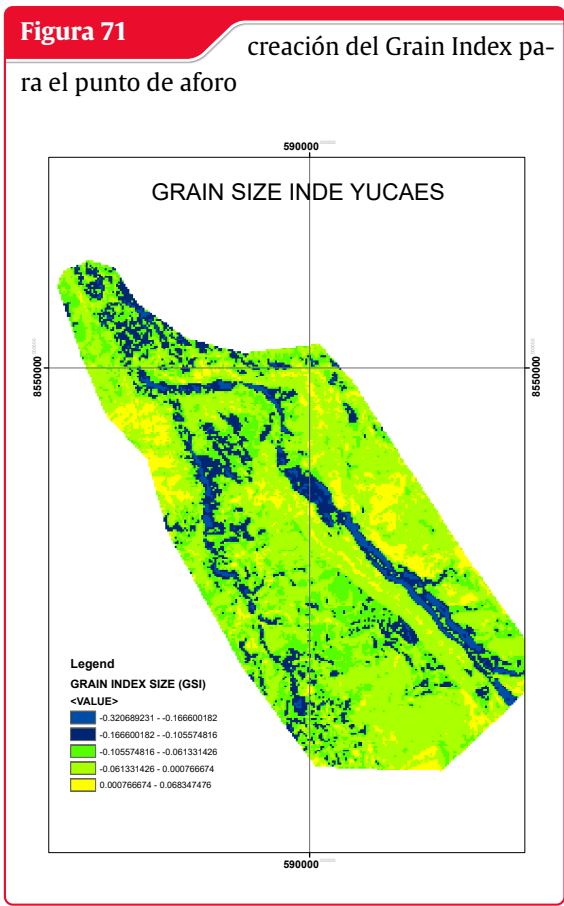
Fuente: Elaboración Propia con ENVI

Validación del índice espectral Grain Index

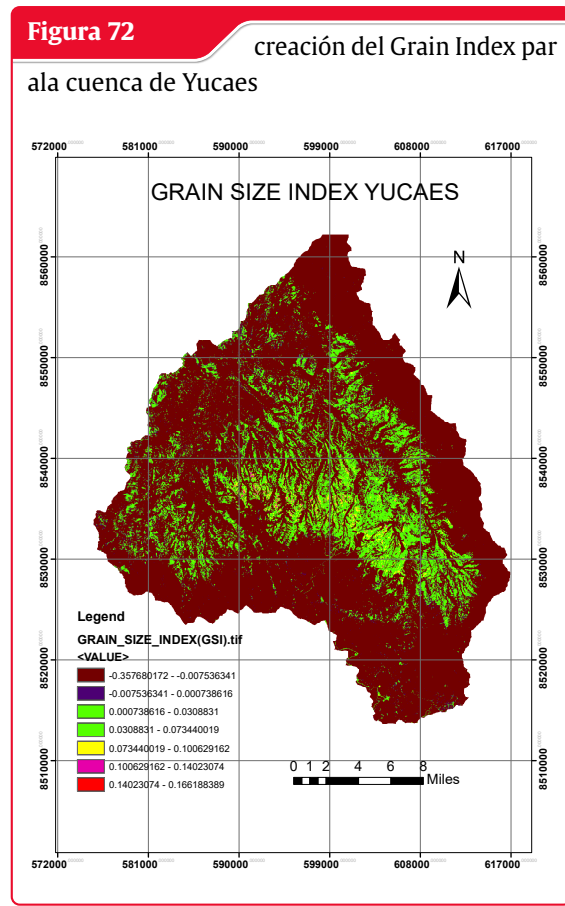
Se tomó en cuenta para la validación del índice espectral Grain index el río Apurimac por ser un río de gran embargadura que tributa muchos ríos hasta desembocar en el Amazonas por lo tanto tiene sedimentos y agregados en cantidad lo cual hace que el sensor del satélite ASTER detecte con el índice Grain index el sedimento del río Apurimac.



Fuente: Elaboración Propia con ENVI



Fuente: Elaboración Propia con ENVI



Fuente: Elaboración Propia con ENVI

“Debo reconocer que un hombre que concluye que un argumento no tiene realidad, porque se le ha escapado a su investigación, es culpable de imperdonable arrogancia.”

– David Hume

4 Resultados

Los resultados determinados por la teledetección para depósitos de sedimentos varían entre los rangos establecidos en la tabla 12 pero las escenas de las imágenes satelitales varían dependiendo de la multitemporalidad y multiespacial para la teledetección de sedimentos por lo que en algunas imágenes satelitales varían según el tiempo obtenido para las imágenes satelitales por lo que los valores determinados en la tabla 12 varían de acuerdo al tiempo que se obtuvo la imagen satelital donde los resultados tienen márgenes de error por diversos factores ya sea por corrección atmosférica, nubosidad, sombras y calibración radiométrica pero los rangos, de los índices espectrales muestran una tendencia creciente a medida que la textura de la arena de río cambia de fina a media y gruesa, Las regiones de Yucaes muestran píxeles más notorios para las texturas fina, media y gruesa de la arena solo así detectan por lo que los depósitos de sedimentos en la cuenca de Yucaes no son tan extensos como en otros ríos grandes como el río Apurímac donde los sedimentos son arrastrados en mayor cantidad para la comparación y validación se tuvo datos de teledetección de texturas de granos del río Apurímac para compararlos con los sedimentos del río Yucaes.

Tabla 12: Tamaño de textura los depósitos de sedimentos de Yucaes

Resumen estadístico de análisis de textura									
Grain size	GSI			Grain Index			Sand index		
Tamaño de grano	Min	Max	Medio	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
grueso	0.10	0.14	0.12	1	1.03	1.01	1.06	1.09	1.08
Medio	0.073	0.10	0.09	1.03	1.06	1.04	1.02	1.09	1.06
Fino	0.03	0.073	0.06	1.06	1.09	1.07	1	1.05	1.02

“Debo reconocer que un hombre que concluye que un argumento no tiene realidad, porque se le ha escapado a su investigación, es culpable de imperdonable arrogancia.”

— David Hume

5 Conclusiones

5.1 Conclusiones

Para el objetivo principal se logró concluir lo siguiente:

- Se Logró cumplir con el objetivo principal para Estimar los depósitos de sedimentos del río y la cuenca de Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales en base a los resultados determinados a través de la creación de los 3 índices espectrales para la teledetección satelital el primero el Grain Size Index (GSI) donde se utilizaron las bandas B2, B3 y B4 correspondiente al blue, green y red bandas de landsat 8, los valores del GSI para la teledetección del los sedimentos oscilan en tres los intervalo de 0.03 hasta el valor de 0.3 para la determinación de los índices de tamaño de grano del sedimento, mientras que el Grain Index donde las bandas utilizadas fueron B3 y B6 correspondientes a NIR Y SWIR bandas respectivas de ASTER donde los valores para la teledetección del índice de grano oscilan entre los valores -0.7 a -0.2 para la teledetección de los depósitos de sedimentos y finalmente el índice espectral de Sand Index 3 oscila de 0 a 0.2 para la teledetección de granos gruesos, medio y finos en la cuenca de Yucaes.

Para los objetivos secundarios se logró concluir los siguientes:

1. Se concluye con el primer objetivo específico 1 Utilizar sensores satelitales OLI, TIR y ASTER para determinar los depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes , se logró utilizar las imágenes satelitales captadas por el sensor OLI y TIR del satélite Landsat 8 para la creación del primer índice espectral Grain Size Index (GSI) y se utilizó el sensor ASTER para las bandas NIR y SWIR para la creación de Grain Index y para el índice espectral Sand Index 3 los cuales son creados a partir del sensor ASTER.
2. La conclusión para el objetivo específico 2 Calcular índices espectrales para depósitos de sedimentos es concluido con la creación de los 3 índices espectrales como Grain Size Index (GSI), con la siguiente fórmula $(B4-B2)/(B2+B3+B4)$ para los valores de índices en el rango mencionado en la conclusión general para la teledetección de estos depósitos, y la creación para el segundo índice espectral Grain Index con la fórmula $(B3-B6)/(B3+B6)$ para teledetectar los depósitos de sedimentos en el rango mencionado entre -0.7 a -0.2 y finalmente para el último índice espectral de Sand Index 3 con la siguiente fórmula $(3B13)/(B10+B11+B12)$ para la teledetección de depósitos de sedimentos entre los valores de 0 a 0.2 , concluyendo con estos que se cumple el objetivo específico 2 para la creación de índices espectrales.

3. Y finalmente la conclusión para el objetivo específico 3 donde realizamos la clasificación supervisada y la clasificación no supervisado utilizando técnicas de aprendizaje automatizado para la clasificación no supervisada donde clasificamos para 4 objetos de mapas y coberturas de uso de suelos en la cuenca de Yucaes.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda lo siguiente:

1. Se recomienda utilizar las imágenes satelitales para el cálculo de los índices espectrales en lo posibles que sean de la misma fecha y con la misma resolución espacial y de ser posible trabajar con resoluciones espectrales mas precisos hasta 15m para tener mayor confiabilidad y mayor precisión en la determinación de los cálculos espectrales como se mencionó en las limitaciones las escenas de imágenes obtenidas para el formato HDF son escasos por lo que muchas veces se tienes que trabajar con las imágenes que se cuenta con el servidor Earth Explorer como materia prima para el procesamiento de imágenes satelitales.
2. Se recomienda analizar con imágenes multitemporales y multiespaciales para analizar los índices espectrales en diferentes estaciones con diferentes resoluciones espaciales y se recomienda realizar la calibración radiométrica y la corrección atmosférica como preprocesamiento para el cálculo de los índices espectrales.

5.3 Trabajos futuros

Se sugiere realizar investigaciones en :

1. Teledetección para transportes de sedimentos
2. Análisis de riesgos para inundación con teledetección
3. Análisis multitemporal y multiespacial de erosión y cambios de suelo.
4. Aplicación de Sensing remote para monitoreo de la calidad de aire, etc.

Referencias Bibliográficas

- Ahmed, N., Mahmud, S., Elahi, M. L., Ahmed, S. y Sujauddin, M. (2019). Forecasting river sediment deposition through satellite image driven unsupervised machine learning techniques. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* (vid. pág. 69).
- Biswas, R. N., Islam, M. N., Islam, M. N. y Shawon, S. S. (2020). Modeling on approximation of fluvial landform change impact on morphodynamics at Madhumati River Basin in Bangladesh. *Modeling Earth Systems and Environment* (vid. págs. 8, 69).
- Bouzekri, S., Lasbet, A. A. y Lachehab, A. (2015). A New Spectral Index for Extraction of Built-Up Area Using Landsat-8 Data. *J Indian Soc Remote Sens - ISRS - SHORT NOTE* (vid. pág. 69).
- CAILLAHUA, P. E. C. (2019). *ESTIMACIÓN DE ÁREA GLACIAR UTILIZANDO REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES U-NET EN IMÁGENES MULTIESPECTRALES SENTINEL 2 EN EL GLACIAR*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA. (Vid. pág. 69).
- Canty, M. J. (2019). *Image Analysis, Classification, and Change Detection in Remote Sensing With Algorithms for Python Fourth edition*. (Vid. pág. 69).
- Cavalli, R. M. (2021). Capability of Remote Sensing Images to Distinguish the Urban Surface Materials: A Case Study of Venice City. *Remote sensing MDPI* (vid. pág. 69).
- Cordeiro, M. C., Martinez, J.-M. y Luque, S. P. (2021). Automatic water detection from multidimensional hierarchical clustering for Sentinel-2 images and a comparison with Level 2A processors. *Elsevier Remote Sensing of Environment* (vid. pág. 69).
- Gavankar, N. L. y Ghosh, S. K. (2018). Extracción automática de la huella del edificio a partir de una imagen de satélite de alta resolución con morfología matemática. *Revista Europea de Teledetección* (vid. pág. 69).
- Guha, S., Govil, H., Dey, A. y Gill, N. (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing* (vid. pág. 69).
- Hashim, H., Latif, Z. A. y Adnan, N. A. (2019). URBAN VEGETATION CLASSIFICATION WITH NDVI THRESHOLD VALUE METHOD WITH VERY HIGH RESOLUTION (VHR) PLEIADES IMAGERY. *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing* (vid. pág. 69).

- Hemanth, D. J. (2020). *Artificial Intelligence Techniques for Satellite Image Analysis*. (Vid. pág. 69).
- Jami, J. C. T. (2018). *Desarrollo de un método para la clasificación automatizada de imágenes Landsat 8 mediante redes neuronales artificiales*. Escuela politécnica Nacional Quito. (Vid. pág. 69).
- Jiang, H., Feng, M., Zhu, Y., Lu, N., Huang, J. y Xiao, T. (2014). An Automated Method for Extracting Rivers and Lakes from Landsat Imagery. *OPEN ACCESS REMOTE SENSING* (vid. pág. 69).
- Kalantari, Z., Ferreira, C. S. S., Koutsouris, A. J., Ahmer, A.-K., Cerdà, A. y Destouni, G. (2019). Assessing flood probability for transportation infrastructure based on catchment characteristics, sediment connectivity and remotely sensed soil moisture. *Science of the Total Environment* (vid. págs. 8, 69).
- Kaplan, G. y Avdan, U. (2017). Modelo de extracción de cuerpo de agua basado en objetos utilizando imágenes satelitales Sentinel-2. *Revista Europea de Teledetección* (vid. pág. 69).
- Lemenkova, P. (2020). GRASS GIS FOR CLASSIFICATION OF LANDSAT TM IMAGES BY MAXIMUM LIKELIHOOD DISCRIMINANT ANALYSIS: TOKYO AREA, JAPAN (vid. pág. 69).
- Lome, J. A. (2014). *Evolución de la temperatura de suelos 'del Perú a partir de imágenes LST del sensor . MODIS a bordo del satélite Terra durante el periodo 2000-2012*. UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRSTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE ING. MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL Escuela de Formación Profesional de Ciencias Físico-Matemáticas. (Vid. pág. 69).
- Maciel, D., Novo, E., de Carvalho, L. S., Barbosa, C., Júnior, R. F. y de Lucia Lobo, F. (2019). Retrieving Total and Inorganic Suspended Sediments in Amazon Floodplain Lakes: A Multisensor Approach. *Remote sensing* (vid. pág. 69).
- MEI, S., GENG, Y., HOU, J. y DU, Q. (2021). Learning hyperspectral images from RGB images via a coarse-to-fine CNN. *SCIENCE CHINA Information Sciences* (vid. pág. 69).
- Mezaal, M. R., Pradhan, B., Shafri, H. Z. M. y Yuso, Z. M. (2017). Detección automática de deslizamientos usando la teoría de Dempster-Shafer a partir de datos derivados de LiDAR y ortofotos. *Geomática, riesgos naturales y riesgo* (vid. pág. 69).
- Mishra, K. y Prasad, P. R. C. (2015). Automatic Extraction of Water Bodies from Landsat Imagery Using Perceptron Model. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Computational Environmental Sciences* (vid. pág. 69).
- MORALES, N. F. B. (2017). *TELEDETECCIÓN ESPACIAL LANDSAT, SENTINEL2, ASTER L1T y MODIS*. (Vid. pág. 69).

- Padarian, J., Minasny, B. y McBratney, A. (2015). Using Google's cloud-based platform for digital soil mapping. *Elsevier* (vid. págs. 2, 69).
- Rafik Bouhennache, A. T.-A., Toufik Bouden y Chaddad, A. (2018). A new spectral index for the extraction of built-up land features from Landsat 8 satellite imagery. *Geocarto International* (vid. pág. 69).
- Rajan Girija Rejith, L. G., Mayappan Sundararajan y Loveson, V. J. (2020). Satellite-based spectral mapping (ASTER and landsat data) of mineralogical signatures of beach sediments: a precursor insight. *Geocarto International* (vid. págs. 21, 69).
- Rishikeshan, C. A. y Ramesh, H. (2017). An ANN supported mathematical morphology based algorithm for lakes extraction from satellite images. *ISH Journal of Hydraulic Engineering* (vid. pág. 69).
- RODRIGUEZ, J. L. L. (2015). *EVOLUCION TEMPORAL DEL INDICE DE VEGETACION DE DIFERENCIA NORMALIZADA MEDIANTE IMAGENES SATELITALES, VALLE MUYURINA, DISTRITO TAMBILLO - AYACUCHO, 2008-2013*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS. (Vid. pág. 69).
- Shelestov, A., Lavreniuk, M., Kussul, N., Novikov, A. y Skakun, S. (2017a). Exploring Google Earth Engine Platform for Big Data Processing: Classification of Multi-Temporal Satellite Imagery for Crop Mapping. *Frontier in Earth Sciences* (vid. pág. 69).
- Shelestov, A., Lavreniuk, M., Kussul, N., Novikov, A. y Skakun, S. (2017b). LARGE SCALE CROP CLASSIFICATION USING GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM. *Space Research Institute NASU-SSAU, Kyiv, Ukraine* (vid. pág. 69).
- Sivakumar, M., Roy, P., Harmsen, K. y Saha, S. (2004). *Satellite remote Sensing and GIS applications in agricultural meteorology*. (Vid. págs. 9-15).
- warner yupanqui peralta, R. (2016). *Obtención del número de curva a partir del registro de imágenes obtenidas mediante percepción remota*. Universidad Nacionala San cristobal de Huamanga , Escuelea de Ingeniería Civil. (Vid. pág. 69).
- Xu, D. y Guo, X. (2014). Compare NDVI extracted from Landsat 8 imagery with that from Landsat 7 imagery. *American Journal of Remote Sensing - SciencePC* (vid. pág. 69).

“Debo reconocer que un hombre que concluye que un argumento no tiene realidad, porque se le ha escapado a su investigación, es culpable de imperdonable arrogancia.”

— David Hume

A ANEXO

Figura 73

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 74

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 75

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 76

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 77

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 78

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 79

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 80

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 81

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 82

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 83

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 84

depósitos de sedimentos de la cuenca de Yucaes



Fuente: Elaboración Propia

A.1 Matriz de consistencia

Tabla 13: Matriz de consistencia

Título : Estimación de depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022 Autor : Ismael Eloy AGUADO CARHUAPOMA						
Matriz de consistencia						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Metodología	Población y muestra	Técnicas e Instrumentos de investigación
¿Cómo se pueden estimar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022?	Estimar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022.	Si se pueden estimar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022.	Variable 1 Depósitos de sedimentos.	Investigación Cuantitativa. Nivel de investigación Descriptivo Tipo de investigación Cuantitativo. Diseño de la investigación Descriptivo transversal.	Población : En la presente investigación la población de análisis para nuestra investigación son los depósitos de sedimentos sobre la faz del globo terraqueo que son captados por los sensores satelitales. Muestra : Se eligió el muestreo no probabilístico discreto por conveniencia de los depósitos de sedimentos parametrizado para la cuenca de Yucaes Ayacucho con un área aproximadamente y delimitada de 1109.93 km ² .	Técnicas: La técnica del procesamiento de información satelital con el machine learning y la técnica de la clasificación no supervisada para la obtención de mapas. Instrumentos: Los instrumentos son la data set de las imágenes satelitales como RÁSTER, SHAPEFILE, DAT, HDF, TXT, DEM, TIFF.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos				
1 ¿Se pueden utilizar sensores satelitales OLI, TIR de Landsat y sensores Aster para determinar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022.?	Utilizar sensores satelitales OLI, TIR de Landsat y sensores de Aster para determinar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022.	Si se pueden utilizar sensores satelitales OLI, TIR de Landsat y sensores de Aster para determinar los depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022.				
2 ¿Se pueden calcular índices espectrales de depósitos de sedimentos de la cuenca Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022	Calcular índices espectrales de depósitos de sedimentos de la cuenca Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022	Si se pueden calcular índices espectrales de depósitos de sedimentos de la cuenca Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022				
3 ¿Se pueden comparar las mapas realizadas para los usos y coberturas de suelos con la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022 ?	Comparar las mapas realizadas para los usos y coberturas de suelos con la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022 .	Si se pueden comparar las mapas realizadas para los usos y coberturas de suelos con la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022 .				

Fuente: Elaboración propia.

A.2 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 14: Matriz de operacionalización de variables

Título : Estimación de depósitos de sedimentos del río Yucaes mediante manejo de imágenes satelitales con técnicas de aprendizaje automatizado de clasificación no supervisado en la cuenca Yucaes Ayacucho, 2022 Autor : Ismael Eloy AGUADO CARHUAPOMA					
Matriz de operacionalización de variables					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Depósitos de sedimentos	Los depósitos de sedimentos es el resultado de procesos y factores que están relacionados con la concentración de la suspensión de sedimentos a lo largo de todo el río de la cuenca, el PH del agua de las corrientes de la cuenca el cual determinan la partición de los metales pesados sobre la disolución en fracciones de sedimentos, otros factores también que influyen son las descargas de caudal de las cuencas, la velocidad de los flujos de agua, el tamaño de grano del suelo, el asentamiento entre otros son los que determinan el monto de los patrones de estos depósitos. La erosión de las rocas y las características físicas y químicas de los suelos son otros factores y procesos muy importantes en la determinación de los depósitos de sedimentos.		Factor morfométricos de la cuenca Factor Físicos de reflectividad Factor de uso y coberturas de suelo	Área (km ²) Perímetro (km) Máxima elevación (m.s.n.m) Mínima elevación (m.s.n.m) elevación media (m.s.n.m) Pendiente media (%) Índice espectral um Índice espacial (m) Error cuadrático (%) Clústeres (und) Row (und) Pad (und)	Técnicas: La técnica del procesamiento de información satelital con el machine learning y la técnica de la clasificación no supervisada para la obtención de mapas. Instrumentos: Los instrumentos son la data set de las imágenes satelitales como RASTER, SHAPEFILE , DAT, HDF, TXT, DEM, TIFF.



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 048-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 276-2023-FIMGC-D**, siendo los diecinueve días del mes de julio del 2023, a horas 8:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO**, Jurado el **Ing. Moisés Nico BARBARÁN ORIUNDO**, Jurado - Asesor el **Ing. Edwin Carlos GARCÍA SAEZ** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada titulado: **“ESTIMACIÓN DE DEPÓSITOS DE SEDIMENTOS DEL RÍO YUCAES MEDIANTE MANEJO DE IMÁGENES SATELITALES CON TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMATIZADO DE CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADO EN LA CUENCA YUCAES AYACUCHO, 2022”**, presentado por el/la Sr./Srta., **Ismael Eloy AGUADO CARHUAPOMA**, Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **15 (quince)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por
Efraín Elias Porras Flores
Fecha: 2023.07.25 18:53:31
-05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente

MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO
Jurado

Ing. Edwin Carlos GARCÍA SAEZ
Jurado Asesor

Ing. Moisés Nico BARBARÁN ORIUNDO
Jurado

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso
Departamento Académico de Matemática y Física



FACULTAD DE INGENIERIA DE
MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151

C.c.:
Bach. Ismael Eloy AGUADO CARHUAPOMA
Jurados (4)
Archivo



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 047-2023-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 281-2022-FIMGC- UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : AGUADO CARHUAPOMA, Ismael Eloy
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : ESTIMACIÓN DE DEPÓSITOS DE SEDIMENTOS DEL RÍO YUCAES MEDIANTE MANEJO DE IMÁGENES SATELITALES CON TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMATIZADO DE CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADO EN LA CUENCA YUCAES AYACUCHO, 2022
Evaluación de la Originalidad : 18 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2127580436

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 07 de julio del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Departamento Académicos de Matemática y Física



Con depósito para Sustentación y Tramites
Cc. Archivo

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
Av. Independencia S/N Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151

ESTIMACIÓN DE DEPÓSITOS DE SEDIMENTOS DEL RÍO YUCAES MEDIANTE MANEJO DE IMÁGENES SATELITALES CON TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMATIZADO DE CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADO EN LA CUENCA YUCAES AYACUCHO, 2022

por Ismael Eloy Aguado Carhuapoma

Fecha de entrega: 07-jul-2023 12:25a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2127580436

Nombre del archivo: Tesis_Ismael_Eloy_AGUADO_CARHUAPOMA_EPIC.pdf (26.59M)

Total de palabras: 208

Total de palabras: 20822

Total de caracteres: 107509

ESTIMACIÓN DE DEPÓSITOS DE SEDIMENTOS DEL RÍO YUCAES MEDIANTE MANEJO DE IMÁGENES SATELITALES CON TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMATIZADO DE CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADO EN LA CUENCA YUCAES AYACUCHO, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	dspace.uclv.edu.cu Fuente de Internet	1%
4	www.unioviedo.es Fuente de Internet	1%
5	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1%
6	developers.google.com Fuente de Internet	<1%
7	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1%

repository.unimilitar.edu.co

8	Fuente de Internet	<1 %
9	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	zagan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to University of Strathclyde Trabajo del estudiante	<1 %
13	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
14	Alexander Ariza, Osman Javier Roa Melgarejo, Pedro Karin Serrato, Hermann Aicardo León Rincón. "Uso de índices espectrales derivados de sensores remotos para la caracterización geomorfológica en zonas insulares del Caribe colombiano", Perspectiva Geográfica, 2018 Publicación	<1 %
15	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
16	openaccess.uoc.edu Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.catie.ac.cr Fuente de Internet	<1 %

18	fundacionavenir.net Fuente de Internet	<1 %
19	rephip.unr.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
20	1library.co Fuente de Internet	<1 %
21	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
22	universidadeuropea.com Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
24	pruebas.ceupe.com Fuente de Internet	<1 %
25	Wenbo Li, Ying Qin, Youqiang Sun, He Huang, Feng Ling, Liqiao Tian, Yulin Ding. "Estimating the relationship between dam water level and surface water area for the Danjiangkou Reservoir using Landsat remote sensing images", Remote Sensing Letters, 2015 Publicación	<1 %