

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN: FÍSICA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN: BIOFÍSICA



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DE LOS MODOS FUNCIONALES DEL MÉTODO DE
MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL PARA LA CLASIFICACIÓN
DEL USO DE SUELO EN LA CUENCA CACHI, REGIÓN AYACUCHO,
2019**

RESPONSABLE: LIC. MONCADA SOSA, WILMER ENRIQUE
MIEMBRO: Msc. PEREDA MEDINA, ALEX MIGUEL
MIEMBRO: MSc. VERDE RODRIGUEZ LIDIA JACOVA

COLABORADORES:
Bach. CÉSAR AUGUSTO LIFONZO SALCEDO
ESTUDIANTE: HINOSTROZA FARFÁN, HUGO

AYACUCHO - PERÚ
2019

I. GENERALIDADES

1.1. Título

EVALUACIÓN DE LOS MODOS FUNCIONALES DEL MÉTODO DE MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL PARA LA CLASIFICACIÓN DEL USO DE SUELO EN LA CUENCA CACHI, REGIÓN AYACUCHO, 2019.

1.2. Responsable, miembros y colaboradores

Responsable: Lic. Wilmer Enrique Moncada Sosa
(Especialista en Teledetección satelital y Modelamiento hidrológico)

Miembros: Msc. Pereda Medina, Alex Miguel
(Especialista en Estadística)
MSc. Verde Rodríguez Lidia Jacova
(Especialista en Estadística)

Colaboradores:

- Bach. César Augusto Lifonzo Salcedo
(E.P de Ingeniería Civil)
- Estudiante: Hinostroza Farfán Hugo
(E.P de Ciencias Físico Matemáticas. Especialidad Física)

1.3. Resumen

El proyecto tiene como propósito clasificar de manera supervisada el uso del suelo en la cuenca Cachi, región Ayacucho, mediante el método de máquina de soporte vectorial, durante el periodo 2019. El reconocimiento de distintos tipos de uso de suelo en la cuenca Cachi se puede lograr mediante la aplicación del método de Máquina de Soporte Vectorial (SVM, por sus siglas en inglés), Este método está propiamente relacionado con problemas de clasificación y regresión, para lo cual se requiere de un conjunto de datos de entrenamiento (muestra) las que se pueden etiquetar a modo de clases para después realizar un entrenamiento con SVM, de esta manera se construye un modelo que prediga la clase de una nueva muestra. La clasificación supervisada del uso de suelo se realizara mediante imágenes de satélite Sentinel 2, las que serán procesadas y evaluadas con el software SNAP y QGIS, utilizando el paquete SVM, el cual es un modelo que representa los puntos de muestra en el espacio, separando las clases a 2 espacios lo más amplio posible mediante un hiperplano de separación definido como el vector entre los 2 puntos, de las 2 clases más cercanos, al que se llama soporte vectorial. Cuando las imágenes de satélite Sentinel 2 se ponen en correspondencia con dicho modelo, en función de los espacios a los que pertenezcan, pueden ser clasificadas a una o a la otra clase. Se espera que el método utilizado sea una alternativa rápida, repetible, evaluable y de bajo costo para describir y clasificar el uso de suelo en la cuenca Cachi; de esta manera se pretende monitorear el cambio de uso del suelo de manera espacial durante el periodo 2019.

1.4. Tipo de investigación

Aplicada

1.5. Cronograma de actividades (por trimestre)

Actividades	2019			
	1	2	3	4
SUBPROYECTO 1: LIC. WILMER ENRIQUE MONCADA SOSA				
1. Recopilación y revisión de información bibliográfica	■			
2. Obtención, clasificación y corrección radiométrica de Imágenes de Satélite Sentinel 2A y 2B, mediante el software SNAP Y QGIS.	■			
3. Corrección geométrica y procesamiento de las imágenes de Satélite Sentinel-2A y 2B, mediante el software SNAP Y QGIS.	■	■		
4. Viaje a las área en estudio, para la identificación y clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi.		■	■	
5. Obtención de los tipos de uso de suelo partir de las imágenes de Satélite Sentinel-2A y 2B, mediante el software SNAP y QGIS.			■	
6. Análisis de los tipos de uso de suelo a partir de las imágenes de satélite Sentinel 2A y 2B.			■	■
7. Análisis de los resultados obtenidos de la clasificación supervisada del uso de suelo mediante el método de Soporte de Máquina Vectorial, en la cuenca Cachi. Informe final				■
SUBPROYECTO 2: MSC. PEREDA MEDINA ALEX MIGUEL				
1. Recopilación y revisión de información bibliográfica	■			
2. Obtención de datos, organización y clasificación de datos, decodificados de la corrección radiométrica de Imágenes de Satélite Sentinel 2A y 2B, mediante el software SNAP Y QGIS.	■			
3. Organizar los datos en una matriz de información en el Software Estadístico	■	■		
4. Viaje a las áreas seleccionadas como unidades muestrales, para la identificación y clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi, con el propósito de validar el dato recogido con lo que se observa del objeto de estudio		■	■	
5. Determinar la confiabilidad de la escala de medición de los datos		■		
6. Procesamiento estadístico y clasificación supervisada de uso de suelo de la cuenca Cachi, mediante el método de Máquina de Soporte Vectorial.		■	■	
7. Descripción de los resultados obtenidos de la clasificación supervisada del uso de suelo mediante el método de Soporte de Máquina Vectorial, en la cuenca Cachi. Informe final				■
SUBPROYECTO 3: MSC. VERDE RODRIGUEZ LIDIA JACOVA				
1. Recopilación y revisión de información bibliográfica	■			
2. Diseño del sistema de muestreo para la toma de datos sobre el suelo de la cuenca Cachi	■			
3. Viaje a las áreas seleccionadas como unidades muestrales, para la identificación y clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi, con el propósito de validar el dato recogido con lo que se observa del objeto de estudio	■	■		
4. Realizar el control de calidad de los datos y evaluar el sistema de métrica para la clasificación permita la clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi	■	■		
5. Análisis de los resultados obtenidos de la clasificación supervisada del uso de suelo mediante el método de Soporte de Máquina Vectorial, en la cuenca Cachi.		■	■	
6. Redacción y revisión del Informe final de investigación				■

1.6. Recursos disponibles

En la actualidad el Laboratorio de Teledetección y Energías Renovables (LABTELER) es un ambiente destinado a la investigación en temas de recursos hídricos superficial y subterráneo, climatología, meteorología, atmósfera, energía solar y medio ambiente. La implementación de éste laboratorio se ha dado de manera progresiva mediante la ejecución de proyectos de investigación financiados con fondos de FOCAM, donde actualmente la ejecución de otro proyecto relacionado con el estudio de aguas subterráneas ha permitido la adquisición de dos georadars de penetración terrestre.

LABTELER también cuenta con computadoras y equipos de investigación necesarios para la recolección, clasificación y procesamiento de datos de satélite ópticos, radar y firmas espectrales, también cuenta con equipo de investigación complementario para el desarrollo de la presente investigación.

Además, LABTELER cuenta con la disponibilidad humana de un equipo de investigación multidisciplinario capacitado en temas de sensoramiento remoto y modelamiento hidrológico, el mismo que está acompañado de tesis de diferentes especialidades.

LABTELER ya cuenta con equipamiento especializado, el cual se detalla como aporte no monetario al presente proyecto, siendo los recursos humanos capacitados disponibles para iniciar investigaciones de alto nivel científico, equipos y materiales que a continuación se detallan:

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total (S/.)
Espectro radiómetro Field Spec SPS4	380 a 2500nm	1	200000	200,000.00
Radar de Penetración Terrestre (GEPARD)	Poder de penetración 40m	1	98000	98000
Detector Geoeléctrico de cavidades y Agua subterránea (GEOSEEKER)	Poder de penetración hasta 250m	1	45000	45000
Mini estación Meteorológica Vantage Pro2	°C; mm; m/s; %Hum; Rain	1	15000	15,000.00
Medidor de Conductividad y difusibilidad Térmica del suelo	W/(K.m)	1	30000	30,000.00
GPS (Longitud; Latitud; Elevación)	m	2	3500	7,000.00
Termómetro de suelo	°C	1	150	150.00
Computadoras: Monitor; PC; Estabilizador de Corriente; Mouse; Teclado		10	3000	30000.00
Laptop		1	4000	4000.00
Escaner		1	500	500.00
Proyector		1	2000	2000.00
Impresora		2	500	1000.00
Muebles personales de computadora		10	500	5000.00
Mesas		3	1000	3000.00
Escritorios		2	600	1200.00
Armarios o estantes		4	700	2800.00
Sillas		11	300	3300.00
Pizarras		2	50	100.00
Recursos humanos (equipo de investigadores, asistentes de investigación colaboración de expertos y especialistas)		-	-	-
Aporte no monetario en soles por recursos disponibles en LABTELER				261800.00

1.7. Presupuesto

EQUIPAMIENTO	DESCRIPCION	TOTAL (soles)
BIENES		
Materiales e insumos	Tinta para fotocopidora. Disco de almacenamiento de datos externo de 2 Terabytes. CDs. DVDs. USBs.	300.00
Materiales de escritorio	Papel bond 80g, lapiceros, correctores, resaltadores, espiralados, etc.	200.00
SERVICIOS		
Viajes Domésticos	Asistencia a evento científico o viaje al área de estudio (Apacheta) para la toma de datos	1500.00
Capacitación y/o perfeccionamiento	Participación en Talleres de capacitación, congresos, seminarios o simposios.	1500.00
Publicación y difusión	Difusión, impresiones y Publicación científica con artículo.	1500.00
Servicios diversos	Servicio de movilidad e internet	5000.00
Total (Soles)		10000.00

1.8. Financiamiento

- El Trabajo de investigación es auspiciado por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- La oficina de operaciones y mantenimiento OPEMAN, proporciona los datos de la estación meteorológica Apacheta de manera no monetaria en asistencia con la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Ayacucho.

II. PLAN DE INVESTIGACION

2.1. Problema

PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial permite la clasificación del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

1. ¿Cuáles son los tipos de uso de suelo en la cuenca Cachi, mediante el uso de las imágenes de satélite Sentinel 2, Región Ayacucho, durante el periodo 2019?
2. ¿Cuáles son los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial que permiten la clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019?

2.2. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial para la clasificación del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar los tipos de uso de suelo en la cuenca Cachi, mediante el uso de las imágenes de satélite Sentinel 2, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.
2. Analizar los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial para la clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.

2.3. Marco teórico

En los últimos años, se observa una acentuada frecuencia en el uso de métodos de redes neuronales, por lo que el uso de sus diferentes métodos son muy apropiados para el análisis y evaluación de datos de gran magnitud. En estudios anteriores se ha evaluado una disminución en la intensidad de lluvias e incremento en la temperatura máxima, repercutiendo directamente en la vegetación, humedad del suelo y uso de suelo, los que a su vez impactan negativamente sobre la calidad de suelo (erosión hídrica y de suelos, degradación, pérdida de vegetación) por aumento de la velocidad de los vientos, por nombrar algunos (Moncada et al., 2015).

Por otro lado, los forzadores antrópicos, tales como el sobre-pastoreo, expansión de actividades con una alta demanda de agua (agricultura a gran escala, minería, sobre pastoreo), y crecimiento demográfico; vienen ejerciendo mayor presión sobre los ecosistemas de humedales de cabeceras de cuenca, sobrepasando en muchas ocasiones sus capacidades de regeneración y provisión de recursos naturales y eco sistémicos, influye de manera directa en el uso de los suelos.

Los suelos alto-andinos proveen de servicios directos, tales como provisión de agua, flora y fauna, e indirectos derivados de sus funciones ambientales como la retención e infiltración de agua, secuestro de CO₂, sedimentos y nutrientes, recarga de acuíferos y de biodiversidad, estabilización de microclimas y en cuanto al rol hídrico, los humedales (bofedales, páramos y humedales de puna) almacenan agua proveniente de las precipitaciones y desglaciaciones o derretimiento de nieve liberándolo gradualmente cuenca abajo, de esta manera las cabeceras de cuenca garantizan la provisión de agua para la agricultura, consumo humano de centros poblados y actividades agrícolas-ganaderas productivas (Heno, 1988).

Estudios recientes con imágenes de satélite revelan un marcada incremento en la temperatura de la superficie de suelo para áreas que se encuentran ubicadas con mayor distribución de humedales, estos resultados están en concordancia con otros estudios recientes de autores que demuestran que a mayor altura la temperatura aumenta de manera proporcional, lo que genera preocupación en cuanto a la capacidad de regulación hídrica de ecosistemas de humedales (Lome, 2015).

Van Dijk, and Renzullo (2010) indican que las imágenes de satélite constituyen una herramienta de mucha utilidad para el estudio sinóptico y multitemporal en sistemas de monitoreo de fuentes de agua de las cuencas especialmente en sus cabeceras,

en especial para regiones con baja densidad de estaciones de campo y de difícil acceso, como es el caso de altas montañas o la cordillera andina.

La Información satelital incluye parámetros atmosféricos (precipitación, cobertura de nubes, vapor de agua precipitable, etc.), cobertura de suelos (albedo superficial, índices de vegetación y agua), humedad de suelos y aguas superficiales-subterráneas, donde las Imágenes de los sensores TM, ETM+ y OLI, del satélite Landsat, han demostrado su utilidad para caracterizar ecosistemas de humedales, mediante el empleo de índices biofísicos (NDVI, EVI, NDWI y NDDI, IST) y datos topográficos y morfométricos (Olmanson et al., 2001).

Así mismo, Moncada, et al. (2015) en su trabajo de investigación “Cuantificación hidrológica de la cuenca del río Cachi-Ayacucho, mediante imágenes satelitales MODIS y MODFLOW-2005” lograron cuantificar la oferta de agua en la cuenca Cachi de manera superficial y subterránea, observando que existen zonas de mayor producción de agua en comparación con la cabecera de cuenca Apacheta, desde la cual se ha realizado un tras-base a la represa de Cuchoquesera; lo que preocupa de los resultados del proyecto integral del río Cachi, culminado, es que Apacheta no es una zona rica en producción de agua comparadas con otras zonas en la misma cuenca y que además se ve afectada por las incidencias antrópicas como el sobre pastoreo o la presencia de minería ilegal y los cambios climáticos globales que afectan la vegetación degradando los suelos, posiblemente por el incremento de la velocidad del viento.

Máquina de soporte vectorial

Las máquinas de soporte vectorial (SVM, del inglés Support Vector Machines) tienen su origen en los trabajos sobre la teoría del aprendizaje estadístico y fueron introducidas en los años 90 por Vapnik y sus colaboradores (Boser et al., 1992). Aunque originariamente las SVMs fueron pensadas para resolver problemas de clasificación binaria, actualmente se utilizan para resolver otros tipos de problemas (regresión, agrupamiento, multclasificación).

También son diversos los campos en los que han sido utilizadas con éxito, tales como visión artificial, reconocimiento de caracteres, categorización de texto e hipertexto, clasificación de proteínas, procesamiento de lenguaje natural, análisis de series temporales. De hecho, desde su introducción, han ido ganando un merecido reconocimiento gracias a sus sólidos fundamentos teóricos.

Una Máquina de Soporte Vectorial (SVM) aprende a decidir entre dos clases distintas de los puntos de entrada. Como un clasificador de una sola clase, la descripción dada por los datos de los vectores de soporte es capaz de formar una frontera de decisión alrededor del dominio de los datos de aprendizaje con muy poco o ningún conocimiento de los datos fuera de esta frontera. Los datos son mapeados por medio de un kernel Gaussiano u otro tipo de kernel a un espacio de características en un espacio dimensional más alto, donde se busca la máxima separación entre clases. Esta función de frontera, cuando es traída de regreso al espacio de entrada, puede separar los datos en todas las clases distintas, cada una formando un agrupamiento (Bentancourt, 2005).

Entre las aplicaciones más relevantes de las SVM se encuentra la Clasificación, el problema de la clasificación puede reducirse a examinar dos clases sin pérdida de generalidad. La tarea es encontrar un clasificador que funcione bien en datos futuros, es decir que generalice bien la clasificación.

- **Tipos de Máquinas de Soporte Vectorial para la clasificación:** Dentro de las máquinas de soporte vectorial para la clasificación se encuentran: C_SVC. nu-SVC. one_class.

- Máquina de Soporte Vectorial para Regresión:** Las MSV se desarrollaron inicialmente para solucionar problemas de clasificación, pero se han ampliado para problemas de regresión. Los resultados finales a los que se puede arribar luego del empleo de las MSV pueden ser cualitativos o cuantitativos, para el análisis cuantitativo se emplean MSV para regresión. Dicho método es una extensión del anteriormente explicado donde se incluyen los estimadores de rangos. El empleo de estos determinan los valores que tienen ruido dentro de la predicción a través de funciones de pérdida, donde los primeros pasos en este sentido se dieron por Tuckey quien demostró que, en situaciones reales, se desconoce el modelo del ruido y dista de las distribuciones supuestas. A raíz de esto, Huber crea el concepto de estimadores robustos los cuales están determinados por funciones de pérdida. En la actualidad, las más utilizadas son: las funciones de pérdida cuadrática y lineal, y la de Huber, entre otras. En este tipo de técnicas, su estructura se determina sobre la base del conjunto de entrenamiento necesitándose pocos parámetros para el mismo. Dicho entrenamiento se reduce a la solución de un problema de optimización que se reduce a un problema de programación cuadrática. Al mismo tiempo, el uso de las funciones Kernels muestra una gran eficiencia en el resultado de la predicción. Los tipos de Máquinas de Soporte Vectorial para la regresión son: Epsilon_SVR. NU_SVR.

Sentinel-2: Es una misión de observación terrestre desarrollada por la ESA dentro del programa Copérnico para desarrollar observaciones del planeta Tierra para dar servicios como el seguimiento de la evolución de los bosques, los cambios en la corteza terrestre y la gestión de los desastres naturales. Está compuesto por dos satélites idénticos: Sentinel-2A y Sentinel-2B, los que conforman una constelación de dos satélites de monitoreo de tierra que proporcionan imágenes ópticas de alta resolución y brindan continuidad a las misiones actuales de SPOT y Landsat. La misión proporciona una cobertura global de la superficie terrestre de la Tierra cada 10 días con un satélite y 5 días con 2 satélites, lo que hace que los datos sean de gran utilidad en los estudios en curso.

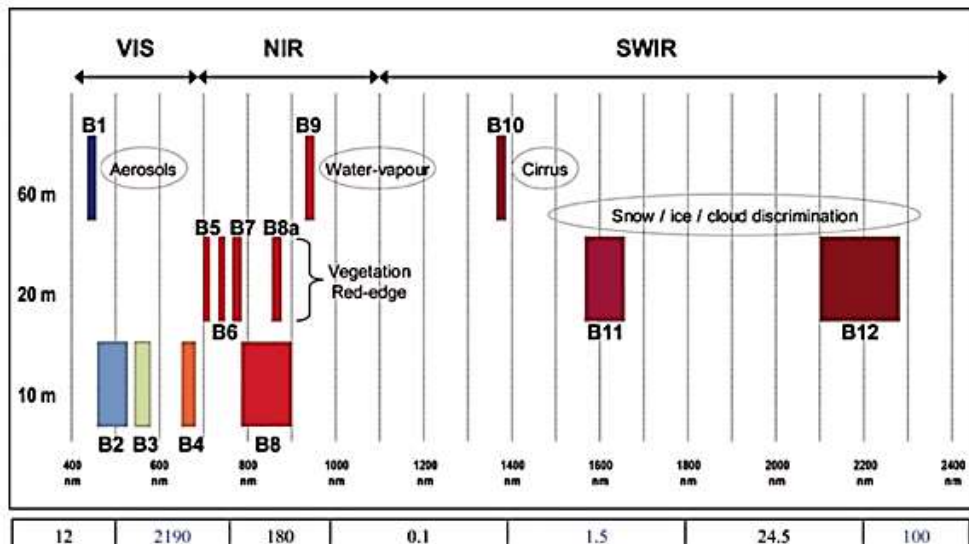


Fig. 02: Cobertura espectral de los Sentinel 2 (ESA).

Los satélites están equipados con el instrumento de última generación MSI (Multispectral Imager), que ofrece imágenes ópticas de alta resolución.

Los dos satélites Sentinel-2 de Copernicus circulan en lados opuestos de la Tierra. Con cada franja de 290 km de ancho, juntos pueden obtener imágenes del globo cada cinco días y obtener una imagen de Europa cada dos o tres días.

Los satélites Sentinel-2 están equipados con terminales para transmitir datos por láser a satélites en órbita geoestacionaria como Alphasat y el sistema europeo de transmisión de datos (EDRS) (European Space Agency, 2017).

La misión Sentinel-2 tiene las siguientes características:

- Imagen multiespectral, datos con 13 bandas en el Espectro visible, en el infrarrojo cercano e infrarrojos de onda corta además del espectro electromagnético.
- Cobertura global sistemática de las capas de tierra de 56°S a 84°N, aguas costeras, y cubre todo el mar Mediterráneo.
- Revisa cada 5 días las zonas manteniendo los mismos ángulos de visión. En latitudes altas, Sentinel-2 realiza las labores cada 5 días, pero con diferentes ángulos de visión.
- La resolución espacial es de 10 m, 20 m y 60 m
- Tiene un amplio campo de visión de 290 km
- Sigue una política de datos libre y en abierto

Sentinel-2A: El sensor de satélite Sentinel-2A se lanzó con éxito el 23 de junio de 2015 a las 03.51: 58 a.m. CEST de un lanzador Vega desde el puerto espacial en Kourou, Guayana Francesa. El satélite Sentinel-2A es el primer satélite óptico de observación de la Tierra en el programa europeo Copernicus y fue desarrollado y construido bajo el liderazgo industrial de Airbus Defence and Space para la Agencia Espacial Europea (ESA).



Fig. 03: Satélite Sentinel 2A de la ESA y Airbus Defence and Space.

El satélite Sentinel-2A fue construido por Airbus Defense y Space agregará color al programa Copernicus a través de un instrumento multiespectral que brinda una calidad de imagen única. Copernicus es el nuevo nombre del Programa de Observación de la Tierra de la Comisión Europea, anteriormente conocido como GMES (Monitoreo Global de Medio Ambiente y Seguridad).

La misión está dedicada a la cobertura total y sistemática de la superficie terrestre, incluidas las principales islas a nivel mundial, con el objetivo de proporcionar productos libres de nubes, por lo general, cada 15 a 30 días en Europa y África.

Los datos de las imágenes de satélite Sentinel-2A soportarán:

- Mapas genéricos de cobertura de la tierra, uso de la tierra y detección de cambios
- Mapas de variables geofísicas para índice de área foliar, contenido de clorofila foliar, contenido de agua en hojas

La extensión de 13 bandas espectrales, desde el infrarrojo visible y el infrarrojo cercano hasta el de onda corta a diferentes resoluciones espaciales que van de 10 a 60 metros en el suelo, lleva el monitoreo global de la tierra a un nivel sin precedentes.

Las cuatro bandas con una resolución de 10 metros garantizan la continuidad con misiones como SPOT-5 o Landsat-8 y satisfacen los requisitos del usuario, en particular, para la clasificación básica de la cubierta terrestre. Las seis bandas con una resolución de 20 metros satisfacen los requisitos para una mejor clasificación de la cubierta terrestre y para la recuperación de parámetros geofísicos. Las bandas a 60 metros están dedicadas principalmente a las correcciones atmosféricas y al cribado de nubes de cirros.

El satélite Sentinel-2A es la primera misión civil óptica de observación de la Tierra de este tipo que incluye tres bandas en el "borde rojo", que proporcionan información clave sobre el estado de la vegetación.

El satélite Sentinel-2A podrá ver cambios muy tempranos en la salud de la planta debido a su alta resolución temporal y espacial y 3 bandas de borde rojo. Esto es particularmente útil para los usuarios finales y formuladores de políticas para aplicaciones agrícolas y para detectar señales tempranas de escasez de alimentos en los países en desarrollo (Satellite Imaging Corporation, 2017).

Sentinel-2B: Es un satélite de imágenes ópticas europeo, que fue lanzado el 7 de marzo de 2017. Es el segundo satélite Sentinel-2 lanzado como parte del Programa Copérnico de la Agencia Espacial Europea y su órbita será 180° grados en contra Sentinel-2A . El satélite lleva una amplia cámara de imágenes multispectrales de alta resolución con 13 bandas espectrales. Proporcionará información para la agricultura y la silvicultura, entre otros, permitiendo la predicción del rendimiento de los cultivos (Daniel Marín, 2017).



Fig. 04: Imagen del Satélite Sentinel 2B de la ESA

El satélite tomará imágenes en 13 bandas espectrales distintas que cubrirán una superficie de 290 kilómetros de ancho con una resolución espacial de 10 metros (visible e infrarrojo), 20 metros (rojo e infrarrojo) o 60 metros (bandas de corrección atmosférica).

Las bandas cubren el azul (490 nm), verde (560 nm), rojo (665 nm) e infrarrojo cercano (842 nm), además de cuatro bandas para observar la vegetación (705, 740, 783 y 865 nm), dos en infrarrojo medio (1610 nm y 2190 nm) y tres centradas en 443 nm (aerosoles), 945 nm (vapor de agua) y 1375 nm (cirros), estas últimas destinadas a detectar nubes y aerosoles para corregir las imágenes.

Uso de suelo

El uso del suelo comprende "las acciones, actividades e intervenciones que realizan las personas sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla". Abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en terreno agrícola: campos cultivables, pastizales; o asentamientos humanos. El término uso del suelo también se utiliza para referirse a los distintos usos del terreno en zonificaciones (Guttenberg, 1959).

Las prácticas de uso del suelo varían de manera considerable en diferentes partes del mundo. La División de Desarrollo del Agua de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura explica que "El uso del suelo comprende los productos y/o beneficios que se obtienen del uso de la tierra como también las acciones de gestión del suelo (actividades) realizadas por los humanos para producir dichos productos y beneficios". A comienzos de la década de 1990, aproximadamente el 13% de la superficie de la Tierra era considerada tierra arable, con 26% de pastos, 32% de bosques, y 1,5% de zonas urbanas.

Tal como indicó Albert Guttenberg (1959), "El uso del suelo es un término clave en el lenguaje de la planificación de ciudades". Por lo general, las jurisdicciones políticas realizan la planificación sobre el uso del suelo y lo regulan en un intento de evitar conflictos. Los planes de uso del suelo son implementados mediante la división del suelo y regulaciones sobre su uso, tales como su zonificación. Las empresas de consultoría de gestión y las Organizaciones No Gubernamentales intentan influir sobre estas regulaciones antes de ser aprobadas y promulgadas.

2.4. Hipótesis

HIPÓTESIS PRINCIPAL

Si los distintos modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial se caracterizan por operar en la frontera de la decisión, entonces permite manera efectiva la clasificación del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.

HIPÓTESIS SECUNDARIAS:

1. Los tipos de uso de suelo en la cuenca Cachi, se determinan de manera acertada y directa, mediante el uso de imágenes de satélite Sentinel 2, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.
2. Los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial permiten, de manera acertada, la clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.

2.5. Variables e indicadores

Variable Independiente:

- Modos funcionales del método de Máquina de Soporte Vectorial

Indicadores:

- Tipos de Máquinas de Soporte Vectorial para la clasificación: C_SVC. nu-SVC. one_class.

Variable Dependiente:

- Clasificación del uso de suelo

Indicadores.

- Tipo de uso de suelo
- Cobertura de vegetación
- Temperatura
- Precipitación
- Humedad del suelo

2.6. Diseño metodológico

Tipo de investigación:

Aplicada.

Nivel de Investigación:

Explicativa - Descriptiva.

Diseño de la Investigación:

No experimental del tipo transversal.

Métodos de investigación:

Cualitativo-Cuantitativo, Inductivo – Deductivo, Analítico – Sintético.

La metodología propuesta a seguir contempla dos métodos:

Método 1:

- Procesamiento de imágenes de satélite Sentinel 2A y 2B, mediante el uso de los software SNAP y QGIS
- Identificación de los tipos de uso de suelo en la cuenca Cachi.
- Determinación del indicador de vegetación NDVI y uso de suelo.

Método 2:

- Clasificación de los diferentes tipos de uso de suelo mediante el método de Máquina de Soporte Vectorial, haciendo uso del software QGIS.
- Se realizan mapas de clasificación supervisada del uso de suelo de la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.

Con el fin de cumplir con los resultados planteados dentro de los límites de tiempo y recursos impuestos, las investigaciones están enfocadas en el área en estudio de la cuenca Cachi. La zona escogida es representativa de las amplias áreas andinas del país, lo que facilita la réplica de los resultados en otras zonas de similares ecosistemas y morfometría.

Asimismo, se justifica el establecimiento de ésta área de estudio por sus potenciales sinergias que se pueden establecer con otros proyectos que actualmente se encuentran realizando, tal es el caso del proyecto PEER, dirigido por el Dr. Bram Leo Willems Director del Centro de Competencia del Agua (CCA) y el proyecto

FOCAM recientemente aprobado, denominado “Modelado del comportamiento de aguas subterráneas en los ecosistemas de humedales de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho” dirigido por el Msc. Alex Pereda Medina y Wilmer Moncada Sosa.

La metodología propone un proceso de aprendizaje iterativo que involucra el análisis de datos satelitales Sentinel2A y 2B, datos de campo, generación de mapas temáticos, validación, exploración, análisis de correlaciones, análisis de patrones de vegetación. Se emplean técnicas estadísticas para el tratamiento de datos obtenidos de las imágenes de satélite Sentinel 2A y 2B para el análisis espectral de la vegetación, necesarios para la propuesta de las estrategias de monitoreo de bofedales en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta.

Así mismo se aplica la misma metodología de obtención de firmas espectrales haciendo uso del espectrorradiómetro “Fieldspec4” para el contraste de resultados y validación de la data satelital

Complementariamente, se utilizan los datos de la estación meteorológica Apacheta para verificar la respuesta de la vegetación ante la presencia de precipitación en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta.

UNIVERSO

El universo está compuesto por todo el suelo de la cuenca Cachi de la Región Ayacucho.

POBLACIÓN

La población está compuesta por la decodificación de los datos de los diferentes tipos de uso de suelo, cobertura de vegetación, temperatura, precipitación y humedad de suelo, de la cuenca Cachi, clasificados en las imágenes de satélite Sentinel2A y 2B, Región Ayacucho.

MUESTRA

La muestra está conformada por la selección aleatoria de un subconjunto de observaciones del uso de suelo, cobertura de vegetación, temperatura, precipitación y humedad de suelo, obtenidos de las imágenes de satélite Sentinel-2A y 2B de la cuenca Cachi de la Región Ayacucho.

El sistema de muestreo requiere seleccionar una variable de estudio importante del conjunto de variables del estudio, de la cual se calcula la desviación estándar S en base a una muestra piloto, luego de determinar un nivel de confianza $(1 - \alpha)$ que asocia un coeficiente de confianza Z que puede ser: $[1-\alpha=99\%, Z=2.58]$; $[1-\alpha=95\%, Z=1.96]$; $[1-\alpha=90\%, Z=1.65]$, cuyos valores de Z , se encuentran tabulados en tablas estadísticas, asimismo, el investigador también especifica un error de muestreo que varía de 0,01 hasta 0,15.

El término 95%, significa que existe una probabilidad del 95% que el valor estudiado en la población se encuentre en la muestra.

Las fórmulas que se presentan para calcular el valor del tamaño de muestra “ n ”, pueden ser utilizadas considerando los tipos de población y variables de estudio, dichas fórmulas son:

- **Población infinita: >10000**

Unidades de observación: desconocida

Variable principal cuantitativa: tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2 \cdot S^2}{E^2}$$

Donde:

Z = grado de confianza. Valor obtenido en tablas "Z", área de la curva normal.

S² = varianza de la población. Se puede obtener de estudios similares o en prueba piloto.

E² = error permitido

- **Población finita**

Unidades de observación: conocida

Variable principal cuantitativa: tamaño de la muestra

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot S^2}{(N - 1)E^2 + Z^2 \cdot S}$$

Donde:

N = tamaño de la población

Z = grado de confianza. Valor obtenido en tablas "Z", área de la curva normal.

S² = varianza de la población. Se puede obtener de estudios similares o en prueba piloto.

E² = error permitido

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. TÉCNICAS

- Decodificación de la información de las variables de estudio, a partir del uso de las imágenes de satélite Sentinel2A y 2B, con el software SNAP y QGIS.
- Decodificación de la información de las variables de estudio, a partir del uso del suelo mediante el método de máquina de soporte vectorial.
- Análisis documental y de observación
- Análisis de datos con el uso del software, SNAP, ENVI+IDL, Rstudio, Python, QGIS

2. INSTRUMENTOS

Procesamiento de las imágenes de satélite Sentinel2A y 2B que contienen los datos asociados a las variables de estudio y los formatos para registrar la data producida.

- Imágenes de satélite Sentinel-2A y 2B
- Equipos de laboratorio de LABTELER.
- Código en SNAP, ENVI+IDL, R studio, Python, QGIS
- Guía de análisis documental y de observación

3. FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Imágenes de satélite Sentinel2A y 2B
- Datos e información de las imágenes de satélite
- Uso del método de máquina de soporte vectorial
- Libros y textos especializados
- Revistas científicas
- Catálogos virtuales
- Muestra seleccionada
- Documentos oficiales
- ZEE de Ayacucho

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

- Software: SNAP. ENVI+IDL. Rstudio. Python. QGIS. Excel.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se analizará e interpretará los resultados haciendo uso del análisis Físico de patrones espectrales de la vegetación, correlaciones estadísticas, bajo el asesoramiento y guía de especialistas del equipo de investigación multidisciplinario encargado de realizar el presente proyecto.

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

DISEÑO ESTADÍSTICO: VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

Aplicación de diferencia numérica y correlación estadística para el análisis del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, mediante el uso de imágenes de satélite Sentinel-2A y 2B, así mismo, se aplica las funcionalidades del método de máquina de soporte vectorial para establecer el grado de relación entre una zona y la otra con las mismas características.

El diseño estadístico central es el análisis de clasificación en base a los patrones de similitud y disimilitud cuyo sustento de es el sistema métrico Euclidiano o métrica de Minkowski que permite identificar los cluster cuyos resultados servirán para contrastar las hipótesis, además se tendrá en cuenta la información obtenida de la observación directa que se ha obtenido durante el desarrollo del proyecto.

2.7. Referencias bibliográficas

- Bentancourt, G., 2005. Máquinas de Soporte Vectorial. *Sci. Tech.* XI, 67–72.
- Boser, B.E., Guyon, I.M., Vapnik, V.N., 1992. A Training Algorithm for Optimal Margin Classifiers, in: *Proceedings of the 5th Annual ACM Workshop on Computational Learning Theory.* ACM Press, pp. 144–152.
- Daniel Marín, 2017. Puesto en órbita el Sentinel 2B (Vega VV09) [WWW Document]. Eureka. URL <http://danielmarin.naukas.com/2017/03/07/puesto-en-orbita-el-sentinel-2b-vega-vv09/> (accessed 11.9.17).
- European Space Agency, 2017. Sentinel-2 [WWW Document]. Eur. Space Agency. URL http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2 (accessed 11.9.17).
- Guttenberg, A.Z., 1959. A Multiple Land Use Classification System. *J. Am. Inst. Plann.* 25, 143–150. <https://doi.org/10.1080/01944365908978322>
- Henao, J., 1988. *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas.* Universidad Santo Tomas, Bogota.
- Lome, J., 2015. Variabilidad espacio-temporal de la temperatura de la superficie del suelo en el Perú y su relación con eventos extremos, utilizando imágenes satelitales MODIS/TERRA durante el periodo 2000-2012. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Moncada, W., Pereda, A., Aldana, C., Masias, M., Jimenez, J., 2015. Cuantificación hidrográfica de la cuenca del río Cachi-Ayacucho, mediante imágenes satelitales. *Inst. Investig. Científica E Innov. Tecnológica UNSCH II.*
- Olmanson, L., Kloiber, S., Bauer, M., Brezonik, P., 2001. *Image Processing Protocol for Regional Assessments of Lake Water Quality (Public Report No. 14).* University of Minnesota Water Resources Center, Minnesota.
- Satellite Imaging Corporation, 2017. Sentinel-2A SatelliteSensor [WWW Document]. Sentin.-2A 10m Satell. Sens. URL <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/sentinel-2a/> (accessed 11.9.17).

Anexo 01

EVALUACIÓN DE LOS MODOS FUNCIONALES DEL MÉTODO DE MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL PARA LA CLASIFICACIÓN DEL USO DE SUELO EN LA CUENCA CACHI, REGIÓN AYACUCHO, 2019.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	MARCO TEÓRICO	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>¿En qué medida los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial permite la clasificación del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019?</p> <p>PROBLEMA ESPECÍFICOS</p> <p>1. ¿Cuáles son los tipos de uso de suelo en la cuenca Cachi, mediante el uso de las imágenes de satélite Sentinel 2, Región Ayacucho, durante el periodo 2019?</p> <p>2. ¿Cuáles son los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial que permiten la clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019?</p>	<p>Evaluar los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial para la clasificación del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>1. Determinar los tipos de uso de suelo en la cuenca Cachi, mediante el uso de las imágenes de satélite Sentinel 2, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.</p> <p>2. Analizar los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial para la clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.</p>	<p>Si los distintos modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial se caracterizan por operar en la frontera de la decisión, entonces permite de manera efectiva la clasificación del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>1. Los tipos de uso de suelo en la cuenca Cachi, se determinan de manera acertada y directa, mediante el uso de imágenes de satélite Sentinel 2, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.</p> <p>2. Los modos funcionales del método de máquina de soporte vectorial permiten, de manera acertada, la clasificación supervisada del uso de suelo en la cuenca Cachi, Región Ayacucho, durante el periodo 2019.</p>	<p>Máquina de soporte vectorial (SVM, del inglés Support Vector Machines). Tiene su origen en la teoría del aprendizaje estadístico y fueron introducidas en los años 90 por Vapnik y sus colaboradores (Boser et al., 1992). Aunque originariamente las SVMs fueron pensadas para resolver problemas de clasificación binaria, actualmente se utilizan para resolver otros tipos de problemas (regresión, agrupamiento, multclasificación).</p> <p>Sentinel-2: Es una misión de observación terrestre desarrollada por la ESA dentro del programa Copérnico para desarrollar observaciones del planeta Tierra para dar servicios como el seguimiento de la evolución de los bosques, los cambios en la corteza terrestre y la gestión de los desastres naturales. Está compuesto por dos satélites idénticos: Sentinel-2A y Sentinel-2B, los que conforman una constelación de dos satélites de monitoreo de tierra que proporcionan imágenes ópticas de alta resolución y brindan continuidad a las misiones actuales de SPOT y Landsat.</p> <p>Uso de suelo: El uso del suelo comprende "las acciones, actividades e intervenciones que realizan las personas sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla"</p>	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modos funcionales del método de Máquina de Soporte Vectorial <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ C_SVC. ✓ nu-SVC. ✓ one_class. ✓ Reflectancia <p>Variable Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clasificación del uso de suelo <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tipo de uso de suelo ✓ Cobertura de vegetación ✓ Temperatura ✓ Precipitación ✓ Humedad del suelo 	<p>Tipo de Investigación Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación Explicativa – Descriptiva</p> <p>Diseño de la Investigación No experimental del tipo transversal</p> <p>Métodos de investigación Cuantitativo – Cualitativo Inductivo – Deductivo Analítico – Sintético</p> <p>Universo compuesto por todo el suelo de la cuenca Cachi de la Región Ayacucho.</p> <p>Población La población está compuesta por la decodificación de los datos de los diferentes tipos de uso de suelo, cobertura de vegetación, temperatura, precipitación y humedad de suelo, de la cuenca Cachi, clasificados en las imágenes de satélite Sentinel2A y 2B, Región Ayacucho.</p> <p>Muestra Conformada por la selección aleatoria de un subconjunto de observaciones del uso de suelo, cobertura de vegetación, temperatura, precipitación y humedad de suelo, obtenidos de las imágenes de satélite Sentinel-2A y 2B de la cuenca Cachi de la Región Ayacucho.</p>

DECLARACIÓN JURADA

Yo, WILMER ENRIQUE MONCADA SOSA, identificado con DNI N° 32543584, Profesor Asociado Nombrado a Dedicación Exclusiva, adscrito al Departamento Académico de Matemática y Física de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil de la UNSCH, con domicilio legal en la Urb. María Parado de Bellido Mz. G1 Lote 12 de la ciudad de Huamanga;

DECLARO BAJO JURAMENTO:

Que, laboro en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, bajo el régimen de Dedicación Exclusiva, disponiendo del tiempo suficiente para desarrollar mis actividades de investigación que me permiten acceder el incentivo económico de la Ayuda Financiera a la Investigación, otorgado por la UNSCH.

En señal de cumplimiento del presente documento, firmo en la ciudad de Ayacucho, a los seis días del mes de diciembre del 2018.

Lic. Wilmer Moncada Sosa
DNI N° 32543584



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
OFICINA GENERAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

DECLARACION JURADA DE AUTENTICIDAD DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ayacucho 06 de Diciembre de 2018

Sr.

Jefe de la Oficina General de Investigación e Innovación

Presente.

REFERENCIA: Proyecto de Investigación 2019

EVALUACIÓN DE LOS MODOS FUNCIONALES DEL MÉTODO DE MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL PARA LA CLASIFICACIÓN DEL USO DE SUELO EN LA CUENCA CACHI, REGIÓN AYACUCHO, 2019.

Estimado Señor,

El suscrito Wilmer Enrique Moncada Sosa, identificado con DNI N° 32543584 y domicilio legal en Urb. María Parado de Bellido Mz. G1 Lote 12 - Ayacucho,

DECLARO BAJO JURAMENTO:

Que el presente proyecto es Original y Auténtico y pretende contribuir a resolver a la solución de problemática de la Región de Ayacucho. En caso de demostrarse lo contrario, los investigadores solidariamente responderán administrativa y/o penalmente.

Atentamente,

Wilmer Moncada Sosa
Responsable del Proyecto
DNI N°: 32543584