



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA:

Kiara Alisson Alarcón Alcántara

ASESOR:

Mg. Marco Antonio Herrera Díaz

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA – PERÚ

Año 2018-I

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
(a) Rara Alisson Alarcón Alcantara
cuyo título es: Aplicación de las técnicas de teledetección
pasiva para la determinación de aguas subterráneas
en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por
el estudiante, otorgándole el calificativo de: 14
(Número) CATORCE (letras).

Lima.....10.....de Diciembre del 2018.


.....
Mg. Fernando A. Sernaqué Aucchuasi
PRESIDENTE


.....
Mg. Rita J. Cabello Torres
SECRETARIO


.....
Mg. Marco A. Herrera Díaz
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

DEDICATORIA

A Dios, a mis amados padres, a mi hermano, a mis respetables docentes y a todas las personas que respaldaron mis estudios, mi familia, amigos, docentes y asesores. Se estima que este estudio contribuya a nuevas investigaciones. Éxitos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por las oportunidades de vida que me ha entregado y entrega día a día.

A mis amados padres por el amor y la confianza que me han dado para alcanzar cada meta de mi vida.

A mi hermano por ser el ejemplo de profesional que deseo ser.

A mis respetables docentes que inspiraron mi crecimiento profesional, en especial al Maestro Marco Herrera Díaz que puso en mí confianza y grandes conocimientos para alcanzar nuevas tecnologías de estudio.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Kiara Alisson Alarcón Alcántara con DNI N° 70493608, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 10 de Diciembre del 2018



70493608

Kiara Alisson Alarcon Alcantara

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El Autor

Kiara Alisson Alarcon Alcantara

Índice

CARÁTULA

Título
Autor
Asesor
Línea de Investigación

PÁGINAS PRELIMINARES

Página del Jurado
Dedicatoria
Agradecimiento
Declaratoria de autenticidad
Presentación
Índice

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Realidad problemática	15
1.2 Trabajos previos	16
1.3 Teorías relacionadas al tema	20
1.3.1 TELEDETECCIÓN.....	20
1.3.2 TIPOS DE SENSORES.....	20
1.3.3 BANDAS ESPECTRALES.....	21
1.3.4 CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES.....	22
1.3.5 PENDIENTE	22
1.3.6 COMPONENTES PRINCIPALES	23
1.3.7 ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA.....	23
1.3.8 TEMPERATURA DE SUPERFICIE.....	23
1.3.9 AGUA SUBTERRÁNEA	24
1.3.10 AFLORAMIENTO ROCOSOS	24
1.3.11 DEPOSITOS EÓLICOS O ALUVIALES	24
1.4 Formulación del problema	25
1.5 Justificación del estudio.....	25
1.6 Hipótesis.....	26
1.7 Objetivos	27
II. MÉTODO	28

2.1	Diseño de la investigación	28
2.2	Variables, operacionalización	28
2.2.1	<i>Variables</i>	28
2.2.2	<i>Operacionalización de las variables</i>	28
2.2.3	Matriz de Operacionalización de las variables	29
2.3	Población y muestra	30
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad 30	
2.5	Métodos de análisis de datos	32
III.	RESULTADOS	38
IV.	DISCUSIÓN	57
V.	CONCLUSIÓN	59
VI.	RECOMENDACIONES	61
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
	ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1	Matriz de operacionalización de las variables de la investigación.....	29
Tabla 2	Juicio de Expertos	31
Tabla 3	Características del Sensor LANDSAT 8 OLI	32
Tabla 4	Datos obtenidos de temperatura superficial	38
Tabla 5	Datos obtenidos de NDVI	39
Tabla 6	Datos obtenidos de pendiente.....	40
Tabla 7	Datos obtenidos de CP4	41
Tabla 8	Tabla de resultados de procesamiento.....	43
Tabla 9	Coordenadas de sondeos eléctricos verticales – SEVs.....	51
Tabla 10	Valores de resistividades y espesores geoelectricos.....	52
Tabla 11	Coordenadas de los puntos inventariados	54
Tabla 12	Coordenadas de los puntos visitados.....	56

Índice de Figuras

Figura 1. Disponibilidad de agua dulce en el mundo.....	13
Figura 2. Plataforma Digital USGS.....	33
Figura 3. Antes de Corrección Atmosférica.....	35
Figura 4. Después de Corrección Atmosférica	35
Figura 5. Árbol de decisión.....	36
Figura 6. Mapa temático.....	37
Figura 7. Determinación de la Temperatura Superficial.....	41
Figura 8. Determinación del NDVI.....	42
Figura 9. Determinación de Componentes Principales.....	43
Figura 10. Determinación de la Pendiente.....	44
Figura 11. Árbol de Decisión de Zonas Potenciales de Agua Subterráneas.....	45
Figura 12. MAPA DE ZONAS POTENCIALES DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL DISTRITO DE ICA	47
Figura 13. Pozos de aguas subterráneas de la Provincia de Ica.....	51
Figura 14. Validación de los resultados: Pozos de aguas subterráneas inventariadas por la ANA en el 2017 ubicadas dentro del mapa de aguas subterráneas determinadas por el procesamiento de imágenes LANDSAT 8 2018.....	52
Figura 15. Huayuri, Distrito de Santa Cruz, Provincia de Palpa.....	54
Figura 16. Georesistímetro Transmisor –Receptor marca Warg Power Modelo G 1120.....	54
Figura 17. Puntos de Estudio por Sondeo Eléctrico Vertical.....	55
Figura 18. Ubicación de puntos estudiados por SEV en Mapa resultante de zonas potenciales de aguas Subterráneas.....	56
Figura 19. Ubicación de puntos de pozos de aguas subterráneas inventariadas por el ANA.....	56
Figura 20. Pozos ubicados en el Mapa resultante de zonas potenciales de aguas Subterráneas.....	56
Figura 21. Zonas potenciales de agua subterráneas determinadas por teledetección pasiva coincidiendo por pozos inventariados por el ANA y puntos de estudios por método de sondeo eléctrico vertical.....	58
Figura 22. Visita de Campo a Pozos de aguas Subterráneas inventariados por el ANA.....	59

Índice de anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia.....	69
Anexo 2: Validaciones.....	70
Anexo 3: Instrumento de recolección de datos.....	76
Anexo 4: Mapa de ubicación de zona de estudio.....	78
Anexo 5 Galería de Fotos de Visita de Campo	79

RESUMEN

La investigación se realizó en la Provincia de Ica, Perú, durante el periodo de 2017 al 2018. La población con la cual se trabajó fue de 21.328 km². El objetivo por el cual se desarrolló la investigación es Identificar las zonas potenciales de aguas subterráneas obtenidas por las técnicas de teledetección en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018. El diseño de investigación es no experimental del tipo descriptivo correlacional. La metodología seguida se basa en el procesamiento de imágenes satelitales del sensor Operational Land Imager (OLI) por sus siglas en inglés del satélite Landsat 8/LCDM. Se subdividió la Provincia de Ica en sus 14 distritos para determinar de manera porcentual la cantidad de zonas potenciales de aguas subterráneas, teniendo información de la Temperatura Superficial, Pendiente, Componentes Principales e Índice de Vegetación de Diferenciada Normalizada para Ica, la Tinguíña, los Aquijes, Ocucaje, Pachacútec, Parcona, Pueblo Nuevo, Salas, San José de los Molinos, San Juan Bautista, Santiago, Subtanjalla, Tate, Yauca del Rosario. La validación del instrumento se realizó a través del juicio de expertos; adicionalmente, se realizó en conjunto a la población trabajos de análisis en campo. Y para cotejar de mayor ámbito los datos obtenidos se solicitó información a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), entregando este una base de datos de los pozos existentes de agua subterránea en explotación de la Provincia de Ica. En los resultados, se obtuvo que las zonas de San Juan Bautista, la Tinguíña, Parcona, Pueblo Nuevo, Pachacutec presentan un 98% de aguas subterráneas, 95% de los Aquijes, 93% de Salas, 10% de Santiago, 10% de Ocucaje, 5% de Yauca del Rosario y solo el 3% de San José de los Molinos cuenta con zonas potenciales de agua subterráneas, coincidiendo estos flujos de agua con los puntos de pozos que actualmente son explotados y así mismo coincidiendo también con lo obtenido a través del trabajo de campo de Sondeo eléctrico vertical aplicado en la misma Provincia. Por tanto, las técnicas de teledetección pasiva lograron determinar las zonas potenciales de aguas subterráneas de la zona de Ica en el periodo de 2017 al 2018.

Palabras claves:

Teledetección, Aguas subterráneas, LANDSAT 8 OLI, temperatura Superficial, Pendiente, Componentes Principales, Índice de Vegetación de Diferenciada Normalizada, Provincia de Ica.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the Province of Ica, Peru, during the period from 2017 to 2018. The population with which we worked was 21,328 km². The objective for which the research was developed is to identify the potential groundwater areas obtained by remote sensing techniques in the Ica Region during the period 2017 to 2018. The research design is non-experimental of the correlational descriptive type. The methodology followed is based on the processing of satellite images of the Operational Land Imager (OLI) sensor from the Landsat 8 / LCDM satellite. The Province of Ica was subdivided in its 14 districts to determine in a percentage manner the amount of potential groundwater zones, having information on the Surface Temperature, Slope, Principal Components and Normalized Differentiated Vegetation Index for Ica, Tinguíña, Aquijes , Ocucaje, Pachacútec, Parcona, New Town, Rooms, San José de los Molinos, San Juan Bautista, Santiago, Subtanjalla, Tate, Yauca del Rosario. The validation of the instrument was made through expert judgment; additionally, field analysis works were carried out jointly with the population. And in order to compare the obtained data with greater scope, information was requested from the National Water Authority (ANA), which provided a database of the existing underground water wells in operation in the Province of Ica. The results showed that the areas of San Juan Bautista, Tinguíña, Parcona, Pueblo Nuevo, Pachacutec have 98% of groundwater, 95% of Aquijes, 93% of Salas, 10% of Santiago, 10% of Ocucaje, 5% of Yauca del Rosario and only 3% of San José de los Molinos has potential groundwater zones, these water flows coinciding with the points of wells that are currently exploited and likewise coinciding with the obtained to through field work of vertical electric sounding applied in the same province. Therefore, passive remote sensing techniques were able to determine the potential groundwater zones of the Ica area in the period from 2017 to 2018.

Keywords:

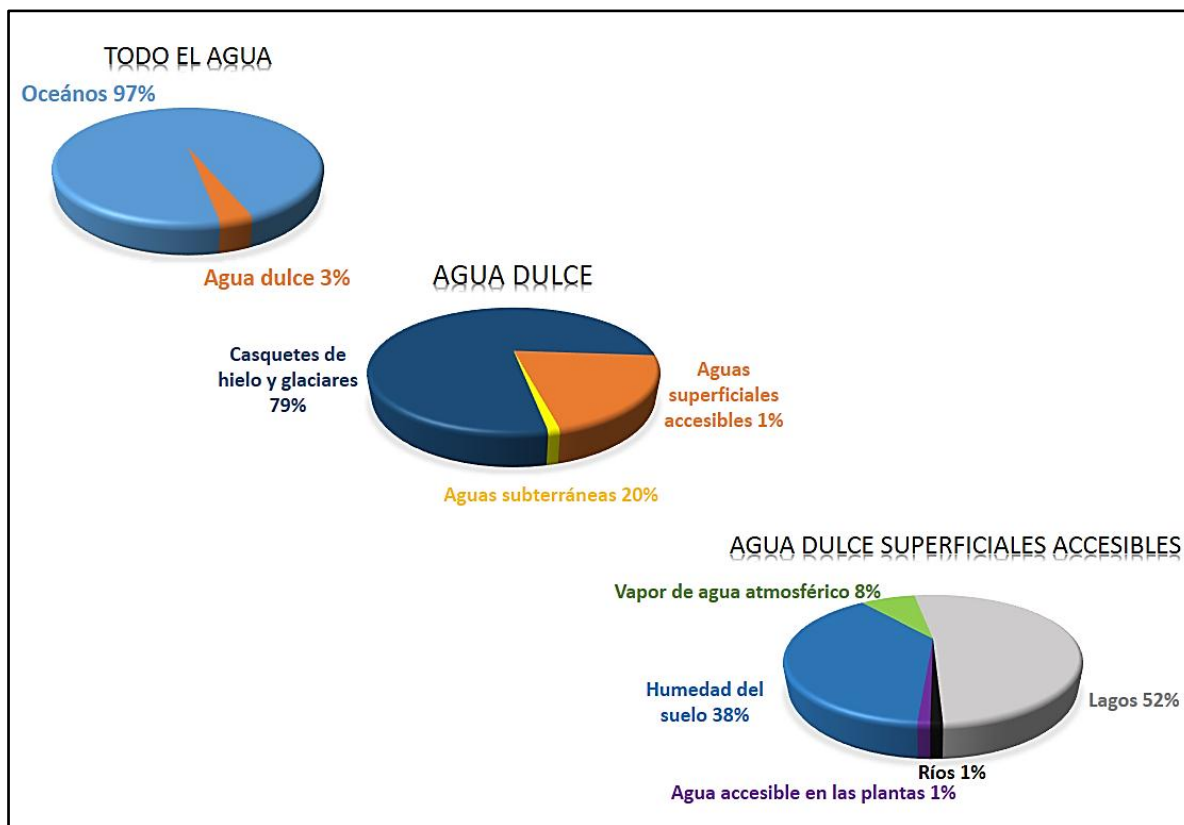
Remote Sensing, Groundwater, LANDSAT 8 OLI, Surface Temperature, Slope, Main Components, Normalized Differentiated Vegetation Index, Province of Ica.

I. INTRODUCCIÓN

El agua realiza un recorrido cíclico, debido a que tiene una circulación permanente y es presentado en diferentes estados dentro del planeta. Por medio de la radiación solar el agua de los océanos es evaporada y en ese estado, es conducida de manera ascendente a la atmósfera, formando las nubes. En cierto tipo de condiciones, es condensada la humedad de las nubes y desciende a la superficie como precipitación (lluvia, granizo o nieve). Básicamente, la precipitación que baja a la tierra es el inicio de prácticamente toda el agua dulce. (Ordoñez, 2011, p.7).

En el planeta, sólo un volumen de 3% de toda el agua es agua dulce, que generalmente se halla inaccesible. Del total de agua dulce se tiene en conocimiento que, un 79% no se halla disponible para su uso, por el contrario, se encuentra en lugares muy alejados de la población en forma de casquetes de glaciares. Así mismo, se debe considerar que sólo 1% del total mencionado es agua superficial accesible a la población y, por último, el 20% se encuentra en forma de aguas subterráneas. (Rojas, et. al, 2005, p.45). Tal como se describe en la Ilustración 1.

Figura 1 Disponibilidad de agua dulce en el mundo



Fuente: Rojas, 2005

De esta manera, se reconoce que una parte importante de la masa de agua dulce presente en los continentes es el agua subterránea. Estas aguas se pueden encontrar almacenadas a diferentes niveles de profundidad, tanto en forma de acuíferos como en sistemas confinados que están a varios kilómetros por debajo de la superficie. Se debe tener en cuenta que es posible encontrar aguas subterráneas en casi cualquier parte del mundo, desde zonas húmedas, áridas hasta zonas semiáridas. (Ordoñez, 2011, p.7). Sin embargo, la determinación de las zonas exactas es un tema de poco avance informativo.

Los estudios hidrogeológicos que se realizan en el Perú son desarrollados por medio del trabajo en campo con equipos costosos y de tiempo de elaboración largo. No obstante, en otros países ya se han establecido modelos que por medio del uso de imágenes satelitales y teledetección de las mismas logran la delimitación de zonas probables de encontrar aguas subterráneas en poco tiempo y con menores gastos. (Meijerink, 2007, p.22) La preservación y la gestión de los recursos son necesarias. Por ello, las técnicas de teledetección son útiles para monitorear los cambios estacionales y temporales en los reservorios de agua, por lo tanto, se puede utilizar para uso sostenible de los recursos hídricos. (Ram, 2014, p.1009)

Este proyecto de tesis pretende ofrecer un modelo que permita desarrollar esta delimitación en la Región Ica, que es actualmente considerada zona desértica y con grandes problemas de sequía en nuestro país (El Comercio, 2016, diciembre 6).

La estructura que se presenta se encuentra basada en el reglamento de esta casa de estudios, comenzando por la Introducción que a su vez esta contiene la realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionadas al tema, formulación del problema de estudio, la justificación de la misma, hipótesis y objetivos. Teniendo posteriormente el segundo punto, que contiene el método de estudio donde se especifica el tipo de investigación y su diseño, y las técnicas e instrumentos a utilizar en la evaluación. Finalmente, los resultados, donde se plasman todos los datos obtenidos, describiendo cada uno de ellos según corresponda, la discusión y conclusiones finales.

1.1 Realidad problemática

Un problema que ha afectado de manera considerable a todo nuestro país, corresponde a las sequías, problema originado por las variaciones climáticas y las actividades humanas. Tal como lo menciona Marcos, López y Pulido, los efectos del cambio climático conducen a un escenario de aumento general de la severidad de las sequías tanto meteorológicas como hidrológicas, debido a los efectos combinados de la reducción de las precipitaciones y el incremento de la evapotranspiración. (2017, p. 3). El 6 de diciembre del 2016 el Diario El Comercio indicó que el ministro de Agricultura y Riego, José Manuel Hernández, declarararía en emergencia por déficit hídrico las regiones de Ica (Acarí, Llauca y Chaparra), Arequipa (Camaná, Tambo), Lambayeque (Lambayeque, Olmos, Zaña y Jequetepeque), Moquegua y Puno (Azángaro, Huancané) dando a notar que es grande el grado expansión de esta problemática. Problemática que trae como consecuencia la disminución de producción agrícola, escasez de alimentos y agua para satisfacción de necesidades humanas y finalmente caída en la economía de nuestro país. Sin embargo, se tiene como conocimiento que es posible combatir este problema de déficit hídrico a través de nuevas alternativas de abastecimiento de agua para las actividades y necesidades humanas.

Para realizar trabajos de ingeniería, de investigación geológica y para el crecimiento de obras de captación de abastecimiento de agua con objetivo de satisfacer necesidades del hombre es importante desarrollar temas de estudio acerca del agua subterránea existente en el planeta (Hernández, 2010, p. 98). De la misma manera, una gran ventaja del uso de aguas subterráneas en la población es que estas requieren menos procesos de desinfección y descontaminación para ser aptas para el consumo humano y agrícola, ya que de manera singular no tienen mayores contaminantes debido que se encuentran sumergiendo materiales geológicos permeables que actúan como filtros o capas que no permiten el ingreso de partículas extrañas que alteren el estado natural de las aguas. (Hernández, 2010, p. 95)

El problema que se hondará en el presente proyecto de investigación es la poca información que se tiene sobre los sistemas de aguas subterráneas en nuestro país, particularmente al sur del Perú. Esta investigación tiene como objetivo entregar una visión general sobre las cantidades y la ubicación de aguas subterráneas en la región Ica.

Sin entrar en detalles específicos, se describe como determinar las ubicaciones de los conductos a través de técnicas de imágenes de teledetección.

1.2 Trabajos previos

En el año 2010 los investigadores Peña, Sánchez y Pari realizaron la investigación titulada Hidrogeología de la cuenca del río Ica en el Boletín N°3 Serie H de INGEMMET donde muestra que el objetivo de dicho estudio fue elaborar un mapa hidrogeológico de la cuenca del río Ica, que sirva como base para futuros proyectos de investigación de aguas subterráneas. La parte experimental consistió en la realización de las siguientes etapas: recopilación de información, registro de datos, caracterización hidrogeológica, cálculo y análisis, interpretación y propuesta de intervención. Los investigadores concluyen en que la diversidad de las formaciones geológicas de edad paleozoico a cenozoicas y la presencia de accidente tectónicos regionales siempre activos (pliegues y fallas) han desarrollado diversas unidades morfológicas en la cuenca. Las formas del relieve que caracterizan la parte alta de la cuenca son las altiplanicies, montañas y serranías constituidas por materiales sedimentarios, ígneos volcánicos y vulcano-sedimentarios. La parte baja del Valle donde se ubican las pequeñas colinas, lomas y sus partes planas, están formadas por depósitos eólicos, material lacustre y depósitos aluviales. La parte occidental está conformada por la cadena costanera donde aflora una serie de rocas impermeables como gneis, micro conglomerado, entre otros, que forman límite occidental del Valle Ica. Aguas abajo en el sector de Ocucaje, ente Callando, Uliujallla y Monte Grande, los limitados y esporádico ensanchamiento del río Ica están aislados de los reservorios subterráneos de aguas arriba, sin embargo, forman pequeños acuíferos que son alimentados por el escaso e intermitente flujo del río Ica.

Así mismo, el Instituto Nacional de Recursos Naturales Intendencia de Recursos Hídricos Administración Técnica del Distrito de Riego Ica - INRENA en el 2005 realizaron estudio hidrogeológico del acuífero Ica-Villacurí, donde desarrolla las características geológicas y geomorfológicas del Valle de Ica. Tuvo como objetivo Realizar el Inventario de fuentes de agua subterránea, la determinación de la geometría del acuífero, la hidráulica subterránea, hidrogeoquímica y condiciones hidrogeológicas del acuífero y finalmente se realizó el cálculo las reservas totales del acuífero Ica-Villacurí. Esta investigación trajo como aporte la realización de la

prospección geofísicas mediante el sondeo eléctrico vertical (SEV) y el sondeo por transistores electromagnéticos (TDEM).

Además, en 2002 Chavarri elaboró el estudio titulado: Balance hidrológico de la cuenca integral del río Ica. Estudio presentado ante la Intendencia de Recursos Hídricos Administración Técnica del Distrito de Riego Ica - INRENA con el objetivo realizar el balance hidrológico de la cuenca integral del río Ica, considerando la simulación hidrológica del planteamiento hidráulico del Sistema Choclococha, Sistema de distribución de agua de riego del Valle Ica, demandas poblacional y agrícola, teniendo en cuenta diversos escenarios de interés de la DGAS y ATDR Ica. La parte experimental consistió definir la cuenca integrada del río Ica, además de las cuencas pertenecientes al sistema Choclococha, desde las cuales el agua se conduce a través de un túnel de trasvase. También proporciona, como producto adicional, un programa de cómputo denominado SIM_ICA v. 1.0 que realiza balance hidrológico de la cuenca Integrada del río Ica.

Por otro lado, Mendoza y Rojas en el año 2003 presentó ante la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - UNMSM el estudio titulado: Exploración de aguas subterráneas en la región Lambayeque-Perú usando imágenes ASTER. Que tiene como objetivo adicionar las diversas técnicas de prospección geofísica dispuestas a la determinación de aguas subterráneas dando uso de imágenes ASTER. En la parte experimental la información utilizada son las imágenes documentadas por el sensor ETM+ de satélite ortorectificadas que tiene un porcentaje mínimo de nubes inferior (10%) de fecha 31/10/2000. Para a metodología de análisis se han usado diferentes herramientas de corrección y procesamiento tales como el ajuste de histogramas, análisis de componentes principales (PCA) filtro de imágenes, fusiones de imágenes y finalmente la composición de color. Por medio de la banda térmica (B6) se logra conseguir el cálculo de la temperatura de la superficie, este se realizó gracias a los algoritmos monocanales y de Barsi. La metodología de los DEM - ASTER GDEM fueron utilizados para corregir topográficamente para obtener consigo datos sobre la topografía de la zona y la hidrología ha estudiar. Como resultados del procesamiento de los parámetros de estudio (temperatura de la superficie, la pendiente, la red de drenajes y el NDVI) tuvieron la clasificación del área de estudio visualizando así un mapa temático de las zonas potencialmente con aguas

subterráneas. Para contrastar esta información se comparó el mapa temático con el inventario de pozos de aguas subterráneas realizadas por INRENA de la zona media baja de la cuenca Chancay-Lambayeque confirmando así la existencia y validez de este método de investigación con un 99% de los pozos están ubicados dentro de las zonas consideradas como potencialmente con aguas subterráneas.

Instituto Nacional de Recursos Naturales Intendencia de Recursos Hídricos Administración Técnica del Distrito de Riego PALPA – NAZCA realizaron el Monitoreo de las Aguas Subterráneas en los Valles de la Vertiente del Pacífico y el Atlántico – Palpa en el año 2000, donde se actualiza la información técnica con respecto a las aguas subterráneas de la zona de estudio, con el objetivo de planificar su uso y explotación. El objetivo de la presentan los autores es evaluar el estado actual de las fuentes de agua subterránea, con ello se proporcionará datos importantes acerca del nivel de explotación a la fecha del acuífero, de tal manera que se haga frente al déficit del recurso hídrico que sufre toda esa zona. Esta investigación trajo como aporte la delimitación del acuífero, obteniendo datos técnicos actualizados de las fuentes de agua subterránea con los parámetros de tipo, estado, características técnicas de éstos y su masa de explotación, cantidad, uso y número de pozos equipados. En síntesis, este informe fue un incremento al estudio hidrogeológico del acuífero de Palpa, dando herramientas y recomendaciones para uso racional de los recursos hídricos, logrando así incrementar la productividad agrícola del valle en estudio.

En el país de México, Montesinos y otros investigadores presentaron en el 2003 el artículo titulado Cuantificación mediante teledetección de las extracciones de agua subterráneas en el acuífero de Aguascalientes. En el cual se tiene como objetivo mejorar el conocimiento de las extracciones de agua subterránea con destino a riego en el acuífero de Aguascalientes-México, esta investigación fue realizada utilizando técnicas de teledetección espacial, con fines de controlar el régimen de explotación de los acuíferos sobreexplotados de la zona e implantar recomendaciones de apoyo, por medio de una metodología de agricultura de precisión. En la parte experimental, primero se establece una red de monitorización con dos tipos de sensores, tanto sensores in situ (planta-clima-suelo) como sensores remotos (imágenes de satélite), trabajando a la par con datos de campo que se obtienen en un estudios presenciales y predicción

microclimática. Donde se obtuvo como resultado las campañas agrícolas de 2015 y 2016 en el cual se logró fomentar un cambio a cultivos de viña más rentables y con necesidades de riego sustancialmente menores gracias a las herramientas de teledetección.

Adicionalmente, en el año 2010 Hernández realizó un estudio que llevó por nombre Metodología para la prospección de agua subterránea utilizando información satelital y datos obtenidos en forma tradicional. Donde por medio de una metodología de procesamiento de información satelital y datos obtenidos en forma manual en campo se comprueba la validez del uso técnicas de teledetección para zonas probables de agua subterránea en una zona determinada. Para detallar la metodología se muestra que el primer paso de estudio consiste en la elaboración de mapas temáticos que se realiza a través del cálculo de la topografía, la pendiente o elevación y cotas, el uso de tierras, las aguas superficiales (lagos, ríos, etc), entre otros y combinar sus tablas con el fin de realizar consultas geoespaciales sobre las distintas características y atributos con el objeto de definir su incidencia en la presencia de acuíferos. Así mismo, esta metodología permitirá un primer acercamiento para la ubicación de acuíferos en un territorio de estudio.

Castaño realizó un estudio en el 2014 sobre las aplicaciones de la teledetección y SIG al control y cuantificación de las extracciones de agua subterránea donde se intenta cubrir esta falta mediante el desarrollo de una metodología que procesa información satelital y datos obtenidos en forma tradicional para obtener indicaciones de la posible existencia de reservas de agua subterránea. la actualización de datos técnicos concernientes a las aguas subterráneas, con la finalidad de planificar su uso. Se comprobó que el desarrollo de los proyectos y estudios citados nos ha permitido constatar las siguientes realidades, para una futura gestión integrada de los recursos hídricos de los acuíferos de Castilla-La Mancha. En zonas como La Mancha, en las que su desarrollo está basado o ligado íntimamente a una explotación global de los acuíferos, se hace imprescindible la cuantificación de las extracciones de estos, que llegan a representar el 90% de los recursos hídricos de la zona. Además, cualquier método que aborde la gestión racional de las aguas subterráneas debe de contar con los usuarios de las mismas. Las características de este recurso hacen imprescindible su participación para poder tener un mínimo de control o conocimiento de las extracciones.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 TELEDETECCIÓN

Una definición general de Teledetección es que “es la ciencia y la tecnología por medio de la cual las características de los objetos de interés pueden ser identificados, medidos o se pueden analizar sus características sin contacto directo” (JARS, 1993, p.237).

Normalmente, la teledetección es la medición de la energía que es emanada desde la superficie de la Tierra. Si la fuente de la energía medida es el Sol, entonces es llamada teledetección pasiva, y el resultado de esta medición puede ser una imagen digital. Por otro lado, si la energía medida no es emitida por el Sol y es emitida desde el sensor de la plataforma es definida como teledetección activa, como los sensores de radar que trabajan en el rango de las microondas (Richards y Jia, 2006).

Las imágenes resultantes por este método se adquieren al estudiar experimentalmente la influencia de ciertos parámetros superficiales como el tipo de cubierta vegetal, la orientación del terreno y el tipo de suelo sobre la evapotranspiración, el albedo y la temperatura superficial. (Reca, et. al, 1999, p. 63)

1.3.2 TIPOS DE SENSORES

Existe en la actualidad 2 tipos de sensores que nos permiten recibir información de las longitudes de onda que emite o refleja la tierra, estos tipos reciben por nombre: Sensores pasivos y sensores activos. Se les denomina sensores pasivos a aquellos que miden las variaciones de la energía originada de los objetos sin intervenir en el campo natural; por otro lado, se considera sensores activos a los que generan un campo de energía artificial, captando y calculando el efecto que producen los objetos en dicho sensor.

a. PASIVOS

Tienen como característica principal que necesitan siempre de un foco de energía externo, por ende, necesitan del sol para ser utilizados. Sin embargo, es de gran consideración que aquella característica no es impedimento para captar información

nocturna. Se sabe que, para evitar la presencia de sombras en las imágenes es preferible captar la información a las 12 hrs.

Eduspace menciona que, los sensores pasivos son capaces de recoger a la vez datos de diferentes bandas espectrales. Así mismo, realizan los cálculos sobre diferentes medidas del espectro electromagnético. Son importantes para obtener información acerca del estado del medio ambiente. Cabe resaltar que la información de la radiación ultravioleta es utilizada para monitorear los niveles de ozono en las capas altas de la atmósfera, las bandas visibles e infrarrojas determinan la salud de la cubierta vegetal. Los captadores sensibles a la radiación infrarroja térmica sirven para determinar la temperatura del suelo, de las nubes, y de la superficie de los mares. (2012, p.2)

b. ACTIVOS

En esta clase de sensores la energía que es utilizada para su manejo es la energía que ellos mismos emiten, no es necesaria la energía de un foco externo para trabajar. Esta ventaja les permite recibir información en horas nocturnas. Dentro de este tipo de sensores existen dos clases ramificada del mismo, los lidar y los radar. Los lidar son sensores considerados captadores activos que permiten tener conocimiento de la topografía de precisión para los aviones. Por otro lado, los sensores radar son utilizados esencialmente para obtener información acerca del estado de derretimiento de los casquetes polares, como indicador del calentamiento global. (Eduspace, 2012, p.2)

1.3.3 BANDAS ESPECTRALES

Según Chuvieco (1996, p.50), las bandas espectrales es el poder de los satélites de contraer información en rangos definidos del espectro electromagnético. Las bandas espectrales más utilizadas en el tema de teledetección son las siguientes:

- Espectro visible que tiene un rango de 0.4 a 0.7 μm , hasta donde puede percibir nuestros ojos. Este espectro se divide en 3 rangos, el azul (0.4 – 0.5 μm), verde (0.5 – 0.6 μm) y rojo (0.6 – 0.7 μm).
- Infrarrojo próximo (0.7 – 1.2 μm): Se denomina infrarrojo reflejado y fotográfico. Es importante por su capacidad para discriminar masas vegetales.
- Infrarrojo medio (1.3 – 8 μm): Región donde se entremezclan los procesos de reflexión de la luz solar y la emisión de la superficie terrestre.

- Infrarrojo lejano o térmico (8 – 14 μm): incluye la porción emisiva del espectro terrestre.
- Microondas (a partir de 1 mm): Región de gran interés por ser un tipo de energía bastante transparente a la cubierta nubosa.

1.3.4 CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES

Clasificación supervisada

Esta técnica permite al usuario identificar áreas representativas de cada categoría, con la condición que el usuario cuente con un conocimiento previo de la zona de estudio, a partir de ahí el software que se esté utilizando para el procesamiento de la imagen, calcula las estadísticas elementales de cada categoría (media, rango, desvío estándar, etc., basada en los ND (niveles digitales) de cada pixel que definen a cada una de las clases, para posteriormente asignar el resto de los píxeles de la imagen a una de esas categorías en función a su similitud de niveles digitales de cada pixel (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS GEOGRÁFICAS, 2014, p.3).

Clasificación no supervisada

Por otro lado, a clasificación no supervisada, donde el usuario no cuenta con el conocimiento necesario o suficiente sobre el elemento de interés, fija el número inicial de categorías o más comúnmente llamado “clases” que desea obtener y luego el software asigna los píxeles automáticamente a las distintas clases en los que mayor similitud de niveles digitales encuentre en base a operaciones estadísticas (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS GEOGRÁFICAS, 2014, p.3).

1.3.5 PENDIENTE

La Pendiente del terreno es uno de los parámetros más utilizados para los temas de teledetección, topografía, hidrografía, ya que es el factor principal que determina y diferencia las formas del relieve. La pendiente es la razón matemática determinada por la relación proporcional que existe entre la diferencia de altitud y la distancia horizontal entre ambos puntos. Se puede expresar en porcentaje o en grados sexagesimales. A partir del máximo valor de gradiente de los 8 vecinos más próximos se calcula el valor de máxima pendiente. La máxima pendiente hacia abajo se calcula a partir del máximo

gradiente de las celdas que son $< 0 =$ al valor de elevación de la celda central. Si no existe un vecino de valor inferior se asigna el valor de -1 a la celda central. (Pucha, et. al., 2017, p. 45)

1.3.6 COMPONENTES PRINCIPALES

Es el conjunto de nuevas bandas, datos ortogonales reducidos mediante la transformación de un conjunto más grande de variables correlacionadas. Estas nuevas bandas nos permiten tener una mayor interpretación de la información que se requiere. La lectura de los pesos de cada componente principal permite conocer cuáles son las bandas originales que más información nos aportan. De esta manera en los dos o tres primeros componentes se concentran la mayor variabilidad existente en el conjunto de la imagen resultante. (Sobrino, 2000, p. 265)

1.3.7 ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA

El NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), es un índice que representa la cantidad y el vigor de la vegetación que se obtiene a través del procesamiento de imágenes satelitales a partir de la combinación de dos bandas espectrales que están estrechamente relacionadas con el tipo de vegetación y con las condiciones climáticas. Estima claramente la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación debido a la medición de la intensidad que emite o refleja la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético.

Para el cálculo de los índices de vegetación es necesaria la información que se encuentra en las bandas roja e infrarroja de ese espectro electromagnético. La interpretación se da a través del triángulo de reflectividades donde nos indica que la vegetación sana va a reflejar mucha más radiación en la banda del infrarrojo cercano que, por el contrario, una planta que se está secando muriendo o sufre estrés hídrico va a reflejar valores similares en las bandas del rojo e infrarrojo cercano. (Muñoz y Sobrino, 2009, p.2)

1.3.8 TEMPERATURA DE SUPERFICIE

Para la determinación de la temperatura de la superficie de la Tierra se necesita la información de las medidas de la radiación terrestre que es emitida por un satélite en la banda de longitud de onda comprendida entre los 3,7 y los 4,1 μm y entre los 10,5 y los 12,5 μm que llegan después de atravesar la atmósfera. Se debe tener en cuenta que estas

medidas no pueden conducirnos directamente al conocimiento de la temperatura superficial. Para lograr el cálculo de la temperatura superficial se debe corregir la perturbación a la que la temperatura aparente es sometida por medio de los algoritmos de estimación. (Muñoz y Sobrino, 2009, p.2)

1.3.9 AGUA SUBTERRÁNEA

Es aquel que circula y se aloja en el subsuelo llegando a conformar los acuíferos. La fuente de principal de aporte es el agua proveniente de las precipitaciones, a través del proceso de infiltración. Otra fuente de alimentación se da por medio de los lagos, arroyos, ríos y lagunas. Esta agua se encuentra debajo del nivel freático y en ocasiones los poros o fisuras del terreno se encuentran saturadas logrando fluir a la superficie de manera natural en forma de manantiales o vertientes. Así mismo, el agua subterránea se presenta en variados ambientes y materiales geológicos, desde depósitos de sedimentos no consolidados (lacústricos y aluviales) a roca granítica fracturada, y cada uno de estos ambientes tiene características geológicas e hidrogeológicas específicas que determinan el comportamiento de los flujos subterráneos. (Collazo y Montaña, 2012, p.4).

1.3.10 AFLORAMIENTO ROCOSOS

Son zonas donde el terreno está formado por capas de rocas expuestas sin ningún tipo de cobertura vegetal. Se encuentra este tipo de formación en las laderas o acantilados como también en zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica o glacial. . (Wielemaker, 1993, p. 37)

1.3.11 DEPOSITOS EÓLICOS O ALUVIALES

Según la Asociación Geológica de Argentina (1981), son masas de sedimentos de partículas de roca proveniente de erosión o meteorización que ha sido transportado por un río y depositado en llanuras del subsuelo (p.27). Su tamaño puede ser desde las rocas hasta las gravas gruesas, cantos y bloques. Sus texturas son arenosas y a veces pedregosas, ya que se encuentran al pie de la Cordillera en lechos de ríos. (Wielemaker, 1993, p. 37)

1.4 Formulación del problema

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó los siguientes problemas de investigación:

1.4.1 Problema general

¿Cuáles son las posibles zonas potenciales de aguas subterráneas determinadas por teledetección en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018?

1.4.2 Problemas específicos

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- ¿En qué medida el índice de vegetación (NDVI) influye en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018?
- ¿En qué medida la temperatura superficial influye en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018?
- ¿En qué medida la pendiente influye en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018?
- ¿En qué medida los componentes principales influyen en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018?

1.5 Justificación del estudio

El proyecto de investigación planteado permitirá en investigaciones posteriores realizar una metodología de determinación de recursos hídricos subterráneos en cualquier parte del mundo a través de técnicas de teledetección con un coste mínimo y de fácil de realización. Cabe precisar, que el uso de estas técnicas permitirá comprobar las zonas potenciales de aguas subterráneas y se convierte en una herramienta de ayuda a comunidades vulnerables con los problemas de déficit hídrico.

1.5.1 Justificación teórica

Esta investigación se realiza con el propósito de dotar de evidencia empírica acerca de la existencia de aguas subterráneas dentro de la Región Ica, región afectada grandemente con los problemas de sequías en nuestro país.

1.5.2 Justificación metodológica

La técnica de determinación de aguas subterráneas mediante sistema de teledetección propone situaciones que pueden ser investigadas por la ciencia, una vez que sean demostrados su validez y confiabilidad podrán ser utilizados en trabajos de investigación posteriores.

1.5.3 Justificación tecnológica

La investigación nos dio accesibilidad para poder experimentar y aplicar diferentes estrategias y técnicas de estudio con el fin de dar solución a la problemática de escasez de información de las aguas subterráneas a través del uso de un sistema de teledetección.

1.5.4 Justificación económica

El presente proyecto de investigación promueve el uso de tecnologías para realizar determinación de recursos hídricos en cualquier parte del mundo. Los recursos económicos utilizados no serán grandes. Por el contrario, serán mínimos, ya que se dispone del software y hardware necesarios. La elaboración de los documentos a presentar tendrá solo un gasto por fotocopiado, anillado, empastado y/o otros serán asumidos por el investigador.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

HG: El 70% de la Región Ica son consideradas zonas potenciales de agua subterránea determinados por medio de técnicas de teledetección pasiva durante el periodo 2017 al 2018.

1.6.2 Hipótesis específicas

HE1: El índice de vegetación (NDVI) influye de manera significativa en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.

HE2: La temperatura superficial influye de manera significativa en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.

HE3: La pendiente influye de manera significativa en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.

HE4: Los componentes principales influye de manera significativa en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Identificar las zonas potenciales de aguas subterráneas obtenidas por las técnicas de teledetección en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.

1.7.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar la influencia del índice de vegetación (NDVI) en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018
- Determinar la influencia de la temperatura superficial en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.
- Determinar la influencia de la pendiente en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.
- Determinar la influencia de los componentes principales en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de la investigación

La investigación es de diseño no experimental ya que no se maneja deliberadamente las variables presentadas sino se analiza previa observación los fenómenos a determinar como tal. (Hernández, 2010, p.107)

2.1.1. Tipo

El Tipo de investigación utilizado es el descriptivo, debido a que se busca especificar las propiedades importantes de un fenómeno, a través de la elección de variables que son medidas de manera independiente para así poder profundizar en el tema. Estos tipos de estudio permiten tener la posibilidad de realizar predicciones acerca de cualquier clase de estudio. (Hernández, 2010, p.112)

2.1.2 Nivel

El nivel que tiene la presente investigación es correlacional porque presenta como finalidad en esta parte el análisis de la relación entre las dos variables de la investigación. Así mismo, se realiza la determinación de las relaciones que exista en la muestra entre sus dos o más definiciones o variables que esta pueda tener. (Hernández, 2014, p.3)

2.2 Variables, operacionalización

2.2.1 Variables

Variable Independiente: Teledetección

Variable Dependiente: Aguas subterráneas

2.2.2 Operacionalización de las variables

Conjunto de actividades y procedimientos que se desarrollan para medir una variable. Para la operacionalización correcta de las variables se usaron los criterios de (Hernández, et. al., 2010, p. 34), los cuales menciona que deben ser adecuados un contexto, ser capaces para captar los componentes principales de la variable de interés además deben cumplir con las características de confiabilidad y validez.

2.2.3 Matriz de Operacionalización de las variables

TABLA 1 Matriz de Operacionalización de las variables

Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de Medición
TELEDETECCIÓN	La teledetección es la medición de la energía que es emanada desde la superficie de la Tierra. Si la fuente de la energía medida es el Sol, entonces es llamada teledetección pasiva, y el resultado de esta medición puede ser una imagen digital. Por otro lado, si la energía medida no es emitida por el Sol y es emitida desde el sensor de la plataforma es definida como teledetección activa, como los sensores de radar que trabajan en el rango de las microondas (Richards y Jia, 2006). Las imágenes resultantes por este método se adquieren al estudiar experimentalmente la influencia de ciertos parámetros superficiales como el tipo de cubierta vegetal, la orientación del terreno y el tipo de suelo sobre la evapotranspiración, el albedo y la temperatura superficial. (Reca, et. al, 1999, p. 63)	Las técnicas de teledetección a emplear se utilizarán con el fin de obtener información acerca de las zonas potenciales de agua subterránea. Para que esta determinación sea posible, es necesario realizar el cálculo de algunas variables importantes dentro de la investigación, tales como, la temperatura de la superficie, la pendiente, componentes principales y el NDVI. Permitiendo así la clasificación del área de estudio obteniendo como resultado un mapa temático de las zonas potencialmente con aguas subterráneas.	INDICE DE VEGETACIÓN	NDVI	Adimensional
			TEMPERATURA	TEMPERATURA SUPERFICIAL	°C
			GRADO DE INCLINACIÓN	PENDIENTE	°
			BANDAS	COMPONENTES PRINCIPALES	Adimensional
AGUAS SUBTERRÁNEAS	Es aquel que circula y se aloja en el subsuelo llegando a conformar los acuíferos. La fuente de principal de aporte es el agua proveniente de las precipitaciones, a través del proceso de infiltración. Otra fuente de alimentación se da por medio de los lagos, arroyos, ríos y lagunas. Esta agua se encuentra debajo del nivel freático y en ocasiones los poros o fisuras del terreno se encuentran saturadas logrando fluir a la superficie de manera natural en forma de manantiales o vertientes. Así mismo, el agua subterránea se presenta en variados ambientes y materiales geológicos, desde depósitos de sedimentos no consolidados a roca granítica fracturada, y cada uno de estos ambientes tiene características geológicas e hidrogeológicas específicas que determinan el comportamiento de los flujos subterráneos. (Collazo y Montaña, 2012, p.4).	La determinación de las aguas subterráneas se podrá obtener mediante el procesamiento digital de las imágenes satelitales capturadas por el satélite Landsat 8 desde el año 2017 hasta el año 2018, posteriormente mediante el cálculo de variables de teledetección y el de información en software ENVI 5.3 Y ARC MAP 10.3 se elaborará mapas sobre las posibles zonas potenciales de aguas subterránea, que finalmente se comparará a los estudios realizados ya por las entidades especializadas en el tema.	ACUÍFERO	ZONAS POTENCIALES DE AGUA SUBTERRÁNEA	Hectárea
			DEPOSITOS DE SEDIMENTACIÓN	DEPOSITOS LACÚSTRICOS	Hectárea
				DEPOSITOS ALUVIALES	Hectárea

2.3 Población y muestra

Población

Según Hernández, Fernández y Baptista, 2014, la población es considerada el conjunto de todos los casos que coinciden con una serie de especificaciones (características de contenido, lugar y tiempo) que permiten establecer con claridad las características de la población, con la finalidad de delimitar cuáles serán los parámetros de muestreo (p. 174). La población que comprende esta investigación es todo el sistema hídrico subterráneo del Perú que tiene una superficie de 21 327, 83 km².

Muestra

La muestra es un subgrupo de la población a considerarse, es definida y delimitada con precisión, porque es sobre esta que se recolectarán los datos para la investigación, por lo que debe ser el representativo de toda la población. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.175)

El acuífero de Ica es uno de los reservorios de agua subterráneas más grandes e importantes de la costa peruana, sin embargo, se está agotando. La mayor parte de los estudios realizados hasta en la actualidad considera sólo el Valle de Ica, dejando de lado un enfoque integral de cuenca hidrográfica y zonas de influencia de los acuíferos. (INGEMMET, 2010, p. 15)

La muestra tomada para esta investigación corresponde a la zona del sistema hídrico subterráneo del Distrito de Ica que tiene una superficie de 887.51 km² (Anexo 4)

Así mismo, según las investigaciones de Hernández, Fernández y Baptista se clasifica la muestra como de tipo aleatorio no probabilístico; ya que indica que todos los elementos pueden ser tomados para formar parte de la investigación. (2014, p.175)

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnica de recolección de datos

La técnica para utilizar en el presente trabajo es basada en la observación o exploración visual de los mapas temáticos que describen las zonas potenciales de agua subterránea de

la región estudiada. Adicionalmente, para apoyarnos se considera que, según Hernández, et. al (2014, p.399) el propósito de la técnica de la observación son las siguientes:

- Explorar y describir ambientes, zonas de vida, aspectos de la vida, observar los cambios y los actores que generan dicho cambio.
- Observar y comprender los procesos vinculados con las personas y sus actividades, experiencias o circunstancias, los eventos y los patrones que se desarrollan en dicha área.
- Identificar y describir problemas sociales.
- Generar hipótesis para las siguientes investigaciones.

2.4.2 Instrumento de recolección de datos

Se realizó a través de fichas de observación, tal como se muestra en el Anexo N° 3, fichas elaboradas para el registro y recojo de la información observada.

2.4.3 Validez y confiabilidad

La validez y confiabilidad del presente trabajo de investigación se realizará a través de las fichas de observación que serán validadas por expertos y/o profesionales con conocimientos y experiencia en el tema (Anexo 2). Los instrumentos de investigación fueron analizados por el juicio de los siguientes expertos:

TABLA 2.- JUICIO DE LOS SIGUIENTES EXPERTOS

NOMBRE DEL EXPERTO	DNI	% DE VALIDACIÓN
Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio	40323063	90%
Dr. Suarez Alvites, Alejandro	07106445	81%
Mg. Villanueva Gastelu, Raúl	06681914	87%
Mg. Sernaqué Auccahuasi, Fernando	07268863	90%
Ing. Gamarra Chavarry, Luis Felipe	10228440	90%
Mg. Ubarte Alvan, Carlos Alfredo	10473562	80%

2.5 Métodos de análisis de datos

MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

El primer paso para la elección de la imagen satelital a usar se realiza determinando la ubicación o el área de interés, luego de ello se ingresa a la plataforma virtual de base de datos de imágenes de los sensores para la descarga del mismo, en este caso se usará el programa USGS EarthExplorer. Cabe resaltar que, estas imágenes se encuentran disponibles a todo el público en general solo se debe registrar para acceder a las descargas. Continuando con la recolección de la imagen a trabajar se precisa que se utilizó una extracción de la imagen de la zona de interés provenientes del sensor Operational Land Imager (OLI) por sus siglas en inglés del satélite Landsat 8. Este tipo de sensores presentan características particulares tales como:

Tabla 3 Características del Sensor LANDSAT 8 OLI

TIPO DE SENSOR: LANDSAT 8 OLI					
Bandas	Resolución				Área de cobertura (km ²)
	Espectral (μm)	Espacial (m)	Temporal (días)	Radiométrica (bits)	
1	0.43-0.45	30	16	12	183 x 170
2	0.45-0.51	30			
3	0.53-0.59	30			
4	0.64-0.67	30			
5	0.85-0.88	30			
6	1.57-1.65	30			
7	2.11-2.29	30			
8	0.50-0.68	15			
9	1.36-1.38	30			
10	10.60-11.19	100			
11	11.50-12.51	100			

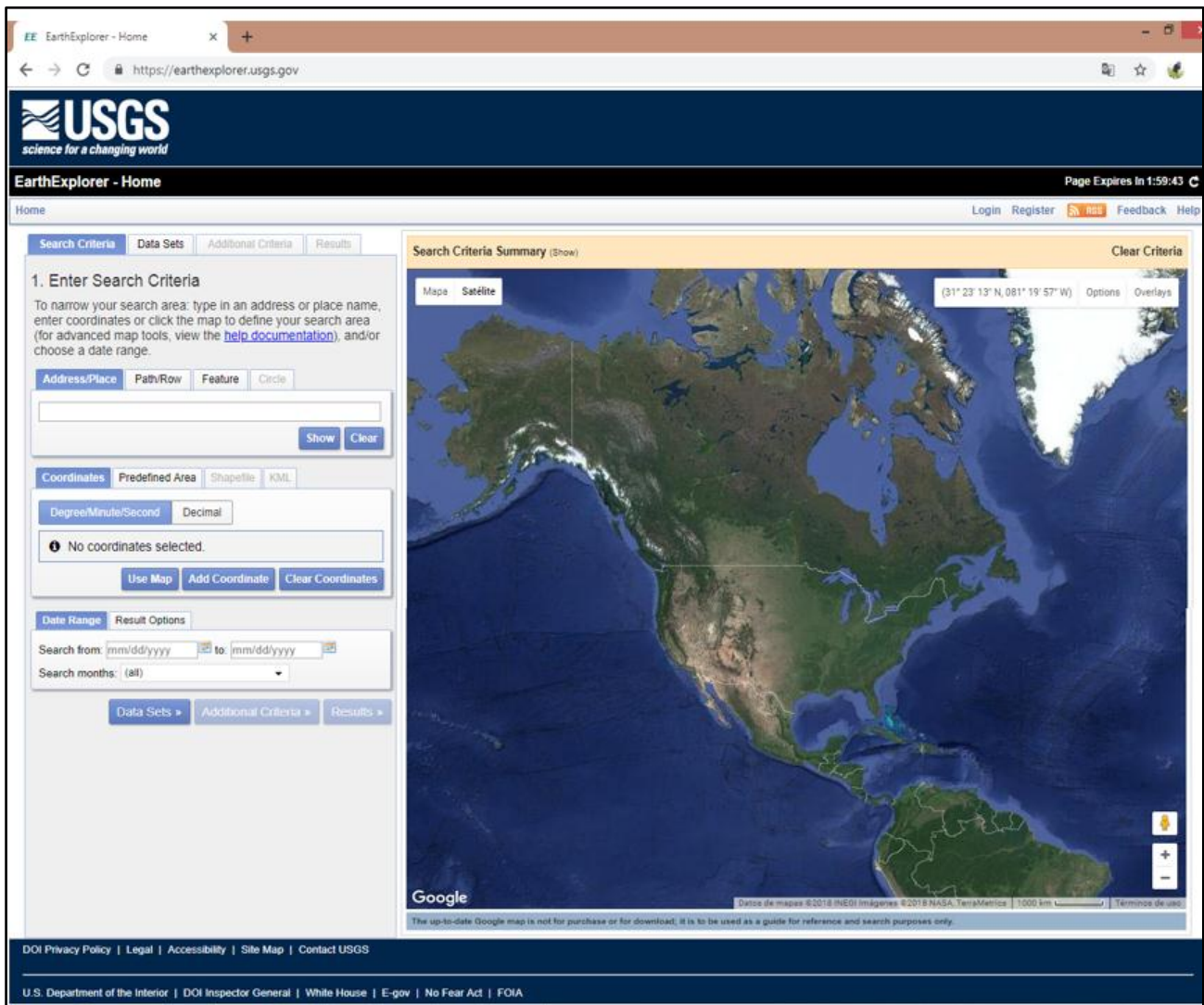


Figura 2 Plataforma Digital USGS

Fuente : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

MÉTODO DE CORRECCIÓN DE IMÁGENES: RADIOMÉTRICA Y ATMOSFERICA

Los procesos de corrección de imagen permiten eliminar anomalías detectadas en la imagen para disponer los datos a una forma que se aproxime más a la realidad, las anomalías pueden ser de la radiometría o la localización de los píxeles. Considerar que, Landsat Thematic Mapper (TM) almacenó la información de los objetos como un número digital (DN) que tiene un rango entre 0 - 255. Estos valores de DN se convirtieron en reflectancia utilizando un proceso de dos pasos. El primer paso es convertir número digital a radiancia utilizando los valores de sesgo y ganancia especificados en el archivo de encabezado de los datos de Landsat. Y el segundo paso es convertir el valor de radiancia en reflectancia (Moran et al. 2001; Thome 2001).

- Corrección radiométrica

Es un proceso que se da para transformar los números digitales en radiancia que nos brindará información esencial a los sensores. Esto se realiza a través de la aplicación de los siguientes cálculos.

$$L_i = M_L \cdot ND_i + A_L$$

Donde

L_i : Radiancia espectral del sensor

M_L : Multiplicativo para la banda i

A_L : Aditivo para la banda i.

ND_L : Número de cuenta digital de la imagen

- Corrección atmosférica

La corrección atmosférica es un conjunto de pasos que se realizan a las imágenes satelitales, con el objetivo de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia emitida que se origina por la interacción del sensor con la atmósfera.

Por ello, se llevó a cabo diversos métodos de corrección atmosférica tales como el FLASH, QUAC y el método de Chávez a fin de calcular la reflectividad de superficie. El método de Chávez a través de datos obtenido de la misma imagen satelital nos permite obtener directamente una imagen de reflectividad de superficie sin requerir calcular la reflectividad TOA (Techo de la atmósfera) como paso anterior. Esta información se obtiene de la aplicación de la siguiente ecuación.

$$\rho_{sup} = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot (L_i - L_{camino})}{t \cdot E_0 \cdot \cos\theta_z}$$

Donde:

ρ_{sup} : Reflectividad de superficie

d : Distancia de la tierra al sol en unidades astronómicas

L_i Radiancia espectral del sensor

L_{camino} : Radiancia camino

t : Transmisividad atmosférica

E_0 : Irradiancia solar estratosférica

$\cos\theta_z$: Coseno del ángulo cenital solar.



Figura 3 ANTES DE LA CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA



Figura 4 DESPUÉS DE LA CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

Tener en cuenta que en el caso de LANDSAT, los valores de t vienen dados por 0,70; 78,8; 0,85; 0,91 para las bandas 1,2,3,4 mientras que para las bandas 5 y 7 se consideran entre 2 si llega sobrado xd

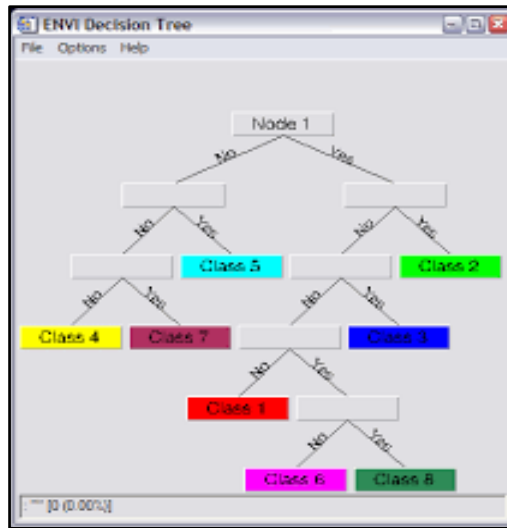
MÉTODO ANÁLISIS DE CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES

La clasificación supervisada es el método utilizado para un análisis cualitativo de los datos en teledetección. Es un proceso controlado por el usuario, que identifica zonas representativas en la imagen. Chuvieco (2002) resume el método de la siguiente forma:

- a. Seleccionar las clases de información
- b. Elegir muestras de cada clase. Una muestra es un determinado número de píxeles que sean representativos de la clase en cuestión.
- c. Utilizar las muestras de entrenamiento para estimar los parámetros espectrales de las clases seleccionadas.
- d. Mediante el clasificador se asigna cada píxel a una de las clases de información seleccionadas.
- e. Generar el mapa temático y la tabla de atributos correspondiente (resultado de la clasificación).

Para el análisis de esta información se considera que la clasificación ha tomado como referentes los indicadores de la investigación, por ende, se observa como **TS** la temperatura superficial, **PEN** la pendiente, **CP** Componentes principales, y el **NDVI**, tal como se observa en la **ilustración 2**, los depósitos eólicos o aluviales son denominados **DE** y los depósitos lacústricos como **DA**, los afloramientos rocosos **AR** y finalmente e importante se obtiene la clase **AS** que nos indica las zonas potenciales de aguas subterráneas de la región.

Figura 5 Árbol de decisión



Fuente: Software ENVI

MÉTODO DE RECOJO DE DATOS

Para la obtención de datos se utilizará las técnicas de teledetección como herramienta principal para determinar las zonas potenciales de agua subterránea en la región estudiada, debido a la información de las características que se entregan a través de los mapas temáticos que se presenta, además se empleó la determinación de los componentes principales, la pendiente y el índice de NDVI (Índice de Vegetación de Diferenciada Normalizada) como indicador cobertura vegetal.

$$NDVI = \frac{\rho_{irc} - \rho_r}{\rho_{irc} + \rho_r}$$

Posteriormente, se realiza un cálculo de temperatura superficial, aplicando todo a las imágenes satelitales obtenidas de los sensores Landsat 8.

Cabe realtar que la T_s es un importante parámetro que controla la dinámica energética e hídrica entre la atmósfera y la superficie terrestre. La T_s puede ser estimada a partir de datos de satélite provenientes de SR que operan en el intervalo espectral térmico, si los efectos atmosféricos son removidos y la emisividad de la superficie es conocida, la temperatura de un reflector lambertiano puede ser determinada a través de la ecuación inversa a la ley de Planck:

$$\tau_\lambda = \frac{C_2}{\lambda \cdot \ln \left[\frac{\epsilon_\lambda C_1}{\pi \lambda^5 R} + 1 \right]}$$

Donde:

t : Temperatura de brillo

λ : Longitud de onda en μm

R : Radiancia espectral $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$

ε_{λ} : Emisividad espectral

C_1 : Constante universal $1.19108 \times 10^8 W\mu m^4 m^{-2} sr^{-1}$

C_2 : Constante universal $1.43877 \times 10^4 \mu m K$

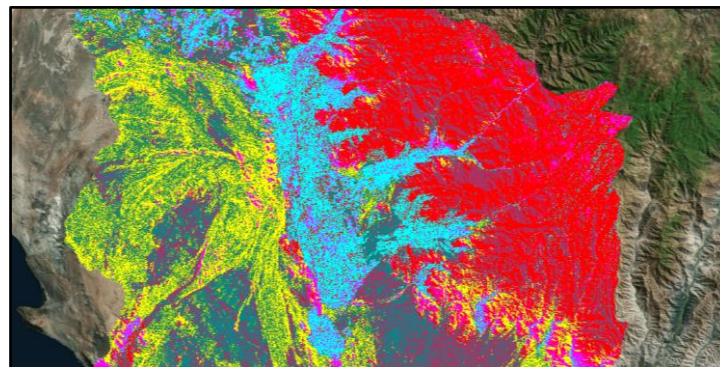
La estimación de la T_s está condicionada principalmente por el contenido de vapor de agua de la atmósfera, la emisividad de la superficie estudiada y ángulo de observación del SR (ángulos superiores a los 30°). Por lo tanto, una correcta estimación de la T_s implica la consideración y corrección de estos factores.

$$T_{Sup} = \frac{K2}{\ln[K1BT_s + 1]}$$

Para realizar el recojo de datos, se elaboró una ficha de observación, en la cual se plasmará todas las características típicas de las imágenes satelitales. Dentro de ellas se tiene la ubicación de la zona de estudio, la fecha y hora de análisis, el proveedor o fuente de adquisición, ancho de barrido de la imagen, la resolución espacial, el tipo de sensor, el tipo de proyección, las coordenadas geográficas, la resolución temporal y la órbita en la que se encuentra.

De la misma manera, en la segunda parte de la presente ficha se encuentra un espacio en el que se ingresarán los resultados obtenidos del procesamiento de las imágenes satelitales los cuales son visibles a través de los mapas temáticos, allí se colocará información como el área de las zonas potenciales de agua subterránea porcentaje del mismo, y el recorrido de las aguas para instruir acerca de la influencia en la zona. (Anexo 3)

Figura 6 Mapa temático



Fuente: Elaboración propia

III. RESULTADOS

TEMPERATURA SUPERFICIAL:

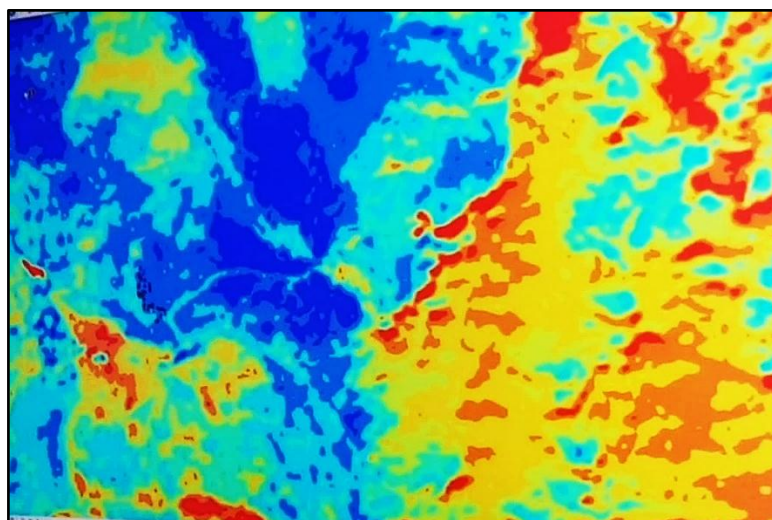


Figura 7 Determinación de la Temperatura Superficial

TABLA 4 .- DATOS OBTENIDOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL

ZONA	TEMPERATURA (K)
PACHACÚTEC	300
PARCONA	302
PUEBLO NUEVO	300
LA TINGUIÑA	300
SAN JUAN BAUTISTA	300
TATE	302
SALAS	305
LOS AQUIJES	307
ICA	313
OCUCAJE	314
SANTIAGO	314
SUBTANJALLA	318
YAUCA DEL ROSARIO	318
SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS	319

En el presente cuadro se muestra que, los valores obtenidos en el procesamiento de la temperatura superficial datan que existen zonas donde de temperatura elevan los 300 K. Así mismo, se puede observar que las zonas de San Juan Bautista, La Tinguña, Parcona, Los Aquijes, Tate, Pueblo Nuevo y Pachacutec llevan temperaturas bastante similares al ser contiguas unas con otras. Cabe añadir, que la temperatura superficial nos permite visualizar las zonas desérticas y los suelos húmedos.

ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA - NDVI:

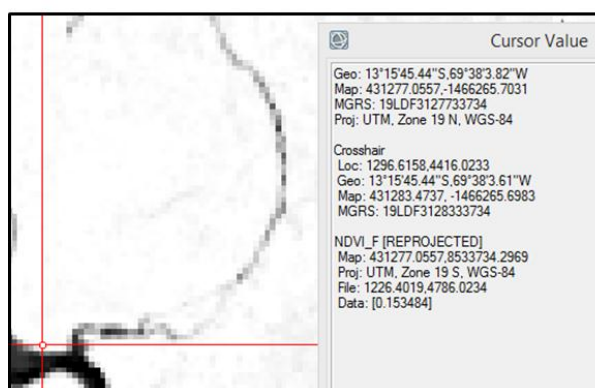


Figura 8 Determinación del NDVI

TABLA 5.- DATOS OBTENIDOS DE NDVI

ZONA	NDVI
PACHACÚTEC	0.8
PARCONA	0.7
PUEBLO NUEVO	0.8
LA TINGUIÑA	0.8
SAN JUAN BAUTISTA	0.7
TATE	0.8
SALAS	0.6
LOS AQUIJES	0.4
ICA	0.16
OCUCAJE	0.16
SANTIAGO	0.18
SUBTANJALLA	0.15
YAUCA DEL ROSARIO	0.15
SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS	0.1

En la zona de estudio no presenta áreas de cubierta vegetal vigorosa ya que ninguna sobrepasa el valor de +0,2 en sus resultados. El NDVI tiene un comportamiento espectral singular ya que el nivel de reflectancia se ve modificado principalmente por distintos factores de la cobertura vegetal donde se afecta las longitudes de ondas del espectro visible (0,4-0,7 m) y aumenta la reflectividad en la zona del infrarrojo cercano (0,8-1,1 um).

En el cuadro se visualiza valores negativos, los cuales nos hace referencia a espacios que contienen agua o nieve, que se sobre entiende que en la superficie de Ica da referencia al Agua los valores más cercanos al -1 nos precisan la existencia de aguas en el subsuelo. Así mismo, se observan valores cercanos al 0 que indican suelos desnudos o rocosos. Los valores cercanos a 0,2 indican la posibilidad de encontrar depósitos aluviales. Como finalmente los que sobrepasan el 0,2 son espacios de cobertura vegetal.

PENDIENTE:

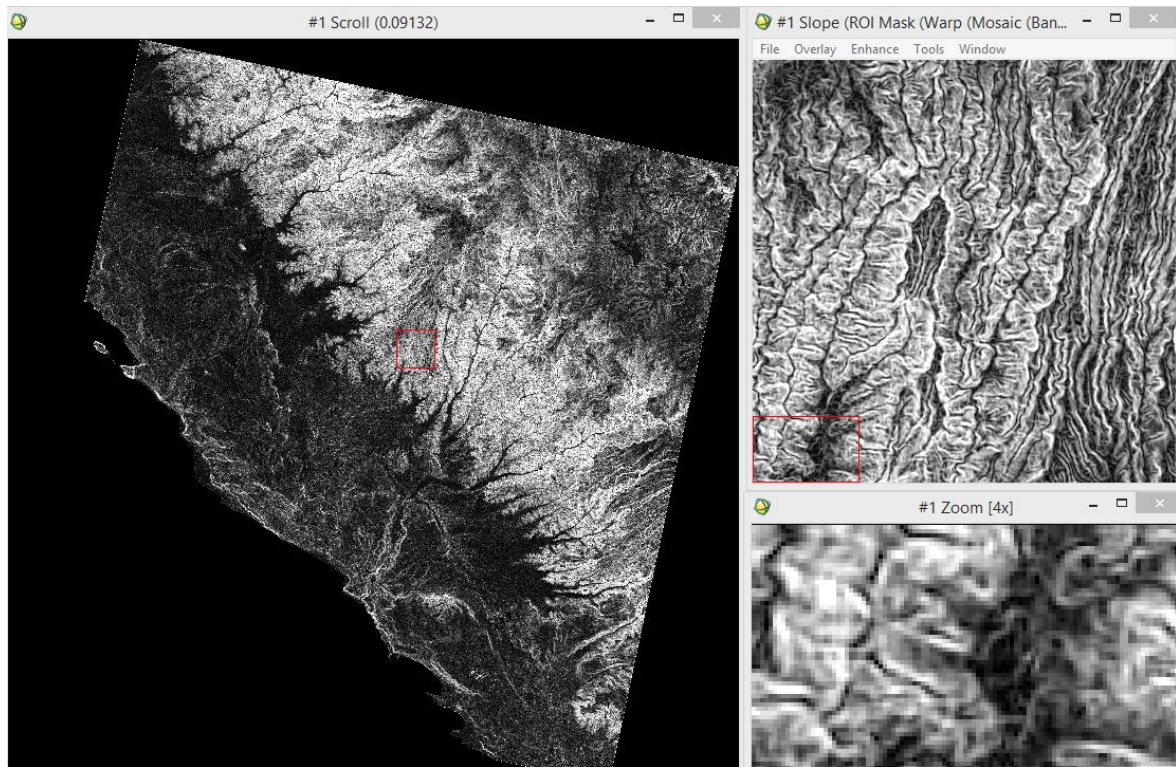


Figura 9 Determinación de la Pendiente

TABLA 6 .- DATOS OBTENIDOS DE PENDIENTE

ZONA	PENDIENTE (°)
PACHACÚTEC	3
PARCONA	3
PUEBLO NUEVO	2
LA TINGUIÑA	2
SAN JUAN BAUTISTA	3
TATE	3
SALAS	5
LOS AQUIJES	10
ICA	17
OCUCAJE	17
SANTIAGO	16
SUBTANJALLA	20
YAUCA DEL ROSARIO	20
SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS	24

En la figura 10 podemos apreciar parte del procesamiento que se obtiene de la imagen trabajada, en el cual se observa los tipos de pendiente que tiene la zona de estudio. En el cuadro, se muestra de forma detallada el valor que ha obtenido cada distrito del estudio, se aprecia que en su mayoría no supera los 24°.

COMPONENTES PRINCIPALES:

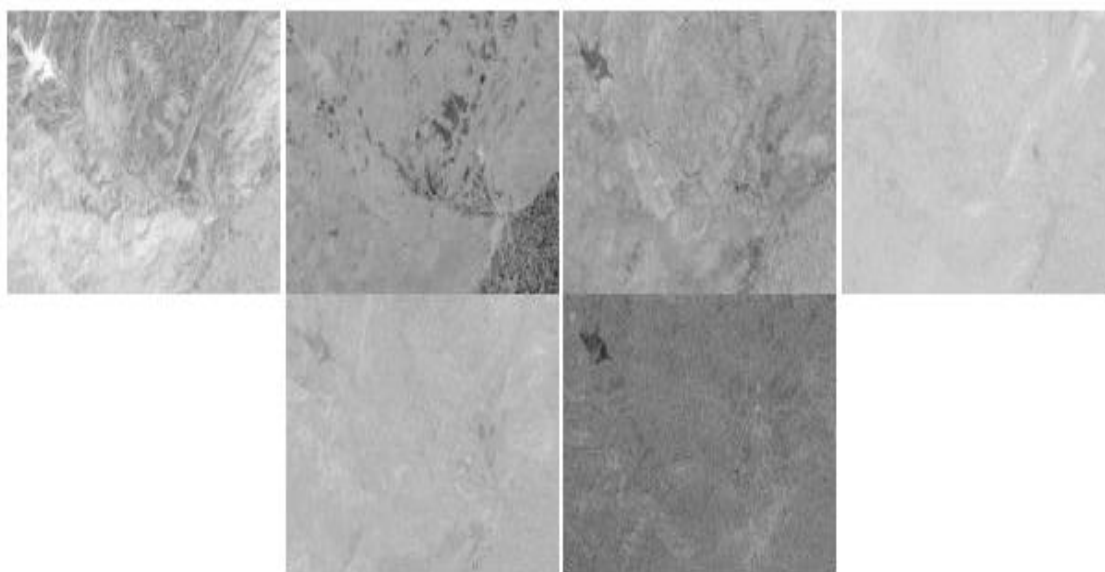


Figura 10 Determinación de Componentes Principales

TABLA 7.- DATOS OBTENIDOS DE CP4

ZONA	CP 4
PACHACÚTEC	112
PARCONA	117
PUEBLO NUEVO	112
LA TINGUIÑA	117
SAN JUAN BAUTISTA	117
TATE	112
SALAS	202
LOS AQUIJES	215
ICA	250
OCUCAJE	255
SANTIAGO	250
SUBTANJALLA	275
YAUCA DEL ROSARIO	275
SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS	290

Los Componentes principales observados en la imagen nos muestran como se ha logrado formar una sola variable de un dato multivariable, Los cuales ha agrupado zonas con valores similares para poderlas resumir y trabajar de mejor manera. Por ello se observa en el cuadro que, se ha tomado los componentes que absorben más varianza, eliminando de tal manera los componentes que escasean en porcentaje de variabilidad. Los valores que se muestran en el cuadro nos indican que existe poca variación ya que todos se encuentran en un intervalo de 100 a 220.

CLASIFICACIÓN: ÁRBOL DE DECISIÓN

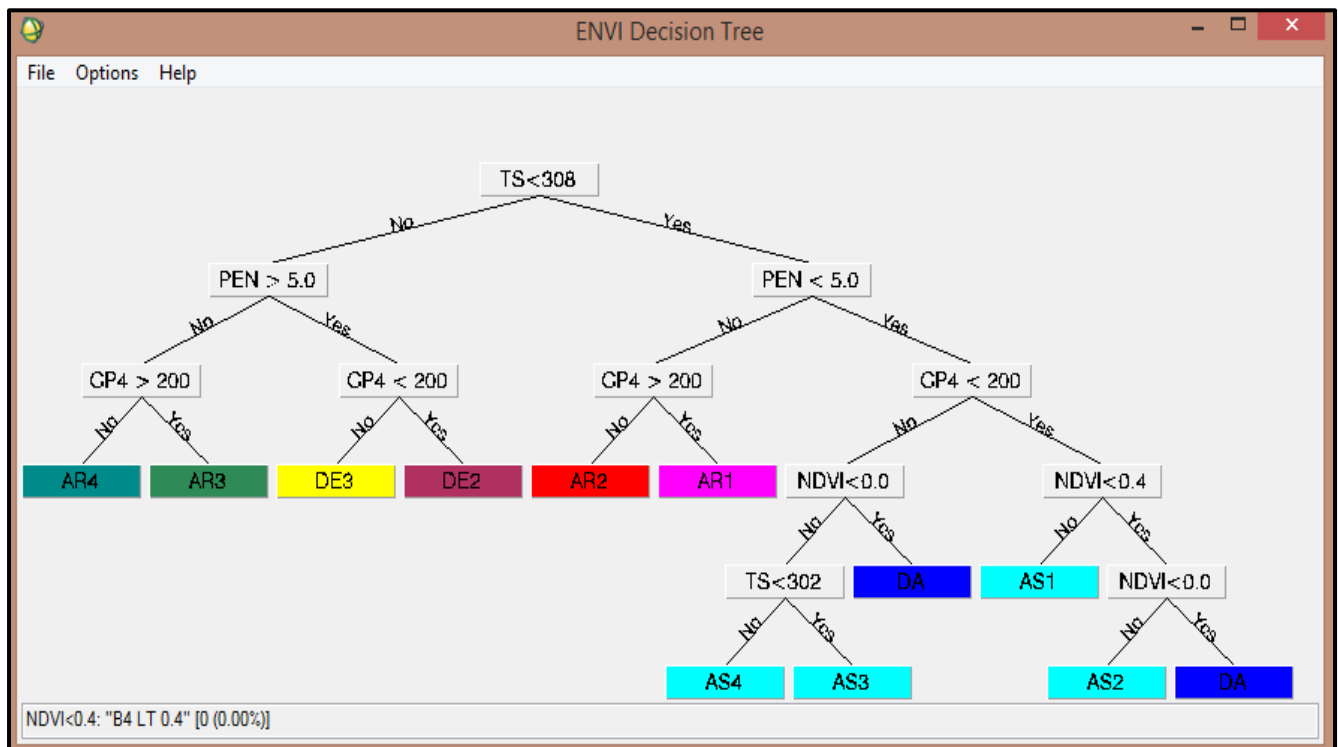


Figura 11 Árbol de Decisión - Zonas Potenciales de Agua subterráneas

El árbol de decisión obtenido nos indica en la parte superior los valores de temperatura superficial (TS) estos se deben encontrar mayores o menores a 308 Kelvin donde los clasifica en un segundo grupo, los valores de la pendiente (PEN) mayores o menores que 5°, en el tercer nivel encontramos los Componentes principales (CP4) mayores o menores de 203 comprendidos en la banda 4, en el cuarto y quinto grupo los valores mayores o menores se ubican los valores de NDVI de 0.4 y 0.0 y finalmente se obtiene los valores de temperatura menores o mayores a 302K que nos dirigen a la determinación de las posibles zonas de aguas subterráneas.

TABLA 8 .- TABLA DE RESULTADOS DE PROCESAMIENTO


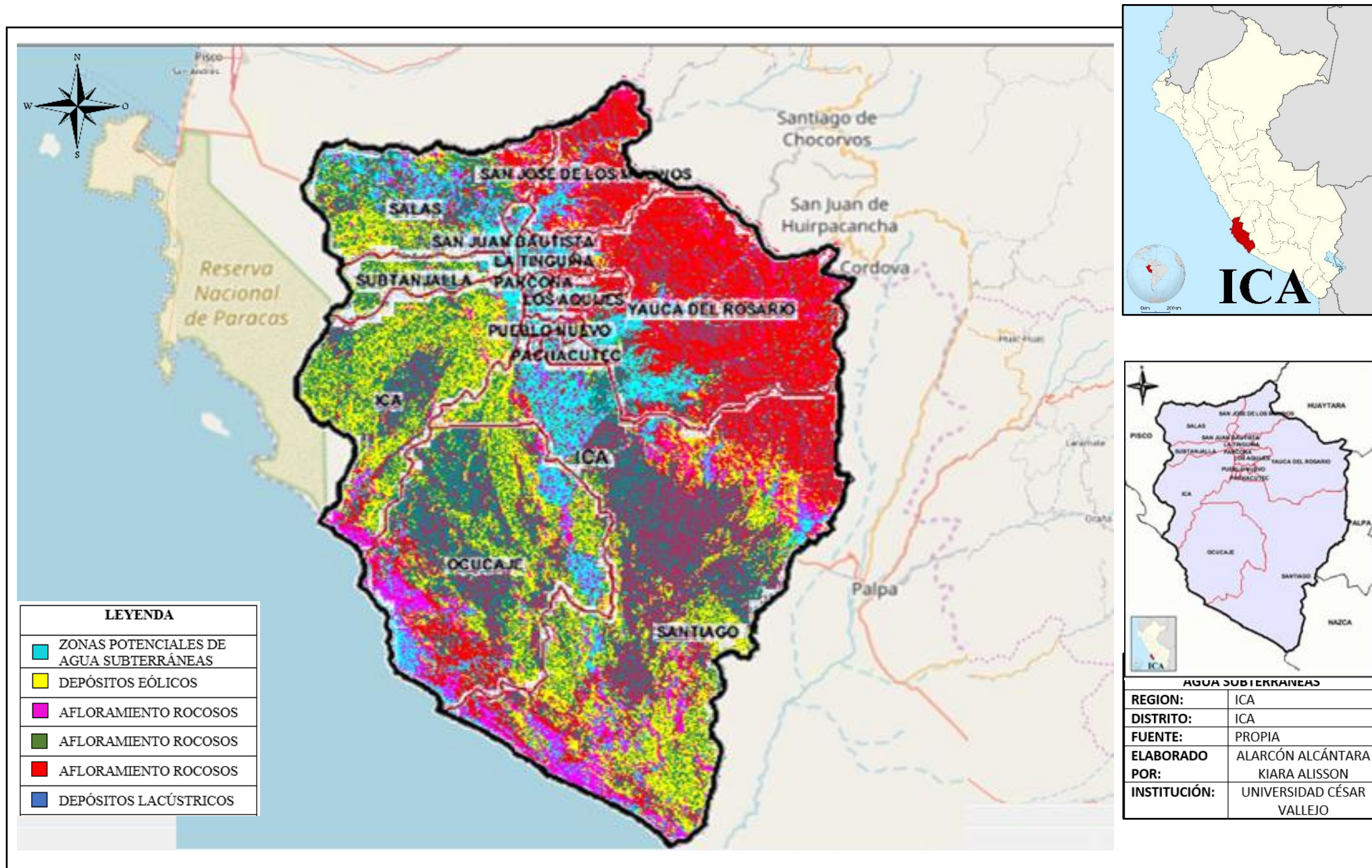
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Resultados de la aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018				KIARA ALISSON ALARCON ALCANTARA
					X CICLO
				Fecha: 03/12/2018	
DISTRITOS	AGUAS SUBTERRÁNEAS	TEMPERATURA SUPERFICIAL	ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA	COMPONENTES PRINCIPALES	PENDIENTE
	AS (%)	TS (°K)	NDVI	CP4	PEN (°)
PACHACÚTEC	98	300	0.8	112	3
PARCONA	98	302	0.7	117	3
PUEBLO NUEVO	98	300	0.8	112	2
LA TINGUIÑA	98	300	0.8	117	2
SAN JUAN BAUTISTA	98	300	0.7	117	3
TATE	98	302	0.8	112	3
SALAS	93	305	0.6	202	5
LOS AQUIJES	75	307	0.4	215	10
ICA	10	313	0.16	250	17
OCUCAJE	10	314	0.16	255	17
SANTIAGO	10	314	0.18	250	16
SUBTANJALLA	5	318	0.15	275	20
YAUCA DEL ROSARIO	5	318	0.15	275	20
SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS	3	319	0.1	290	24

Figura 12.- MAPA DE ZONAS POTENCIALES DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL DISTRITO DE ICA



FICHA DE OBSERVACIÓN

	Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018		Versión 01
			Fecha: 20 / 06 / 18
	FICHA DE OBSERVACIÓN		Página 1 de 2
I. DATOS DEL OBSERVADOR			
APELLIDOS	Alarcon Alcantara		
NOMBRES	Kiara Alisson		
CICLO	IX		
ESCUELA	Ingeniería Ambiental		
E-MAIL	kiaraalarcon.3@gmail.com		
II. GENERALIDADES			
OBJETIVO	Determinar mediante técnicas de teledetección las posibles zonas potenciales de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.		
ÁMBITO	Aguas subterráneas		
UBICACIÓN	Distrito de Ica, Región Ica		
FECHA DE ANÁLISIS	21-09-2018	HORA DE ANÁLISIS	17:00 hrs.
III. DATOS DE LA UNIDAD DE ESTUDIO			
PROVEEDOR O FUENTE DE ADQUISICIÓN	USGS	SENSOR / SATELITE	LANDSAT 8 / ASTER GDEM
ANCHO DE BARRIDO DE LA ESCENA	- Barrido: 185km X 180km aprox.	PROYECCIÓN	UTM, Universal Transverse Mercator
		COORDENAS GEOGRÁFICAS	X: 420964,193 E Y: 8434408,176N
RESOLUCIÓN ESPACIAL	- Banda multiespectral: 30m - Banda terma*: 60m* y 120m* - Banda pancromática : 15m		
FECHAS DE ADQUISICIÓN	22-07-2018		
RESOLUCIÓN TEMPORAL	-Tiempo de revisita de 16 días	ORBITA	Satélite de órbita polar

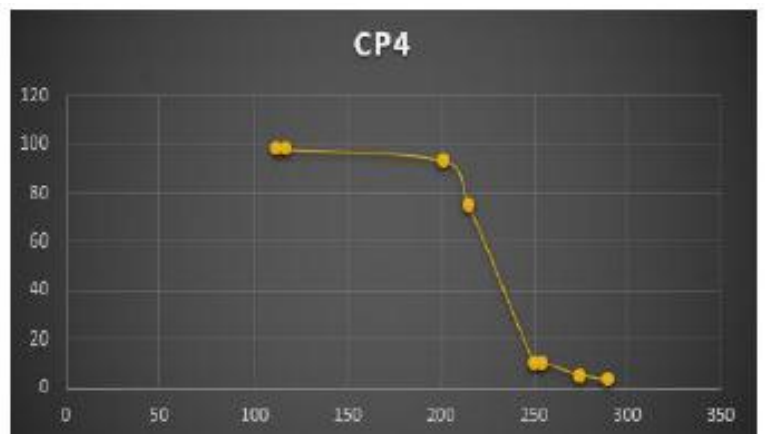
	Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018		Versión 01
			Fecha: 20 / 06 / 18
	FICHA DE OBSERVACIÓN		Página 2 de 2
IV. OBSERVACIONES			
DIMENSIÓN	INDICADOR	OBSERVACIONES	
ACUÍFERO	ZONAS POTENCIALES DE AGUA SUBTERRÁNEA	Se verifica que las zonas de San Juan Bautista, la Tinguiña, Parcona, Pueblo Nuevo, Pachacutec presentan un 98% de aguas subterráneas, 95% de los Aquijes, 93% de Salas, 10% de Santiago e Ica, solo el 10% de Ocucaje, 5% de Yauca del Rosario y Subtanjalla y solo el 3% de San José de los Molinos cuenta con zonas potenciales de agua subterráneas.	
DEPOSITOS DE SEDIMENTACIÓN	AFLORAMIENTO ROCOSOS	Se observa que 97% de San José de los Molinos, 95% de Yauca del Rosario, 30 % Ica, 50% de Santiago, 30% Ocucaje, y el 2% de Salas cuentan con Afloramientos Rocosos en su estructura.	
	DEPOSITOS EÓLICOS O ALUVIALES	El 70% de Ica, 60% de Ocucaje, 40 % de Santiago y 5% de Salas se determina que presenta zonas de depósitos eólicos.	
OBSERVACIONES:			



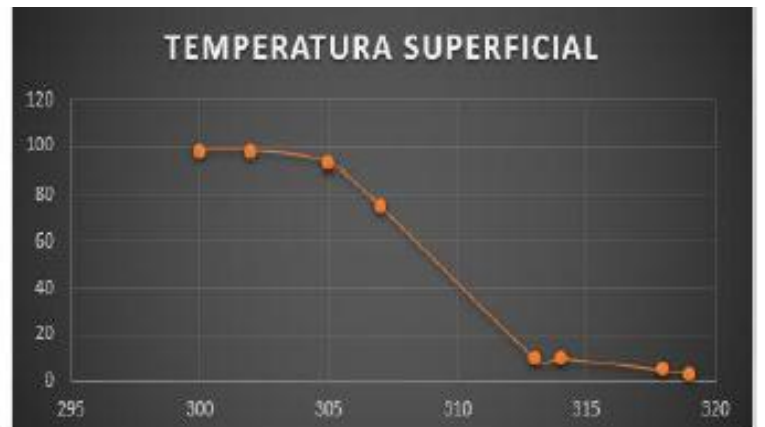
NDVI	AGUA SUBTERRÁNEA
0,8	98
0,7	98
0,6	93
0,4	75
0,18	10
0,16	10
0,15	5
0,1	3



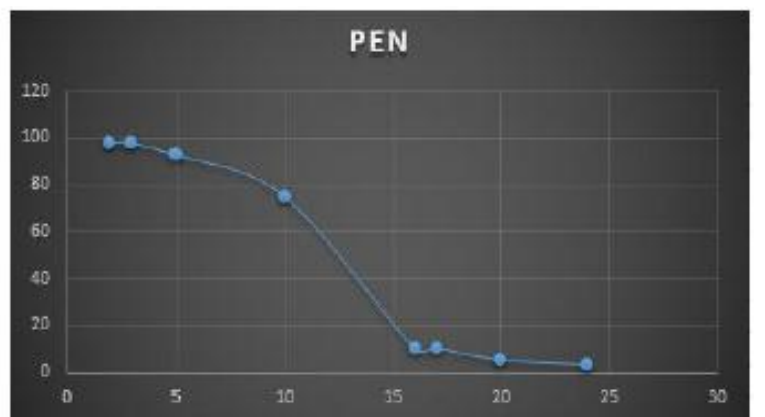
CP4	AGUA SUBTERRÁNEA
117	98
112	98
202	93
215	75
250	10
255	10
275	5
290	3



TS (°K)	AGUA SUBTERRÁNEA
300	98
302	98
305	93
307	75
313	10
314	10
318	5
319	3



PEN (°)	AGUA SUBTERRÁNEA
2	98
3	98
5	93
10	75
16	10
17	10
20	5
24	3



POZOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS INVENTARIADAS POR LA AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA) HASTA EL 2017

Para validar la información de primera fuente, se procedió a solicitar a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) información referida al inventario de pozos existentes de agua subterránea de la Provincia de Ica. Puesto que, como se sabe el ANA consciente de la importancia de este recurso para las necesidades de la población propone programas de rescate de las aguas subterráneas en la región de Ica y a la par realiza la actualización del inventariado de los pozos de las aguas subterráneas, esto se trabaja a fin de evaluar el diagnóstico sobre el estado actual y real de los acuíferos la cantidad de ellos, el estado, el régimen de explotación, el nivel y calidad de agua de cada uno de los pozos existentes. De la mano de la Autoridad Administrativa del Agua Cháparra-Chincha y en coordinación con la Junta de Usuarios de Aguas Subterráneas del Valle de Ica (JUSVI) se obtuvo una base de datos de las coordenadas y puntos de ubicación de cada pozo.

Utilizando el Software ArcMap 10.3 se anexo al mapa resultante del procesamiento de las imágenes satelitales a las coordenadas de los pozos de la base de datos de la Autoridad Nacional del Agua.

Figura 13 Pozos de aguas subterráneas de la Provincia de Ica

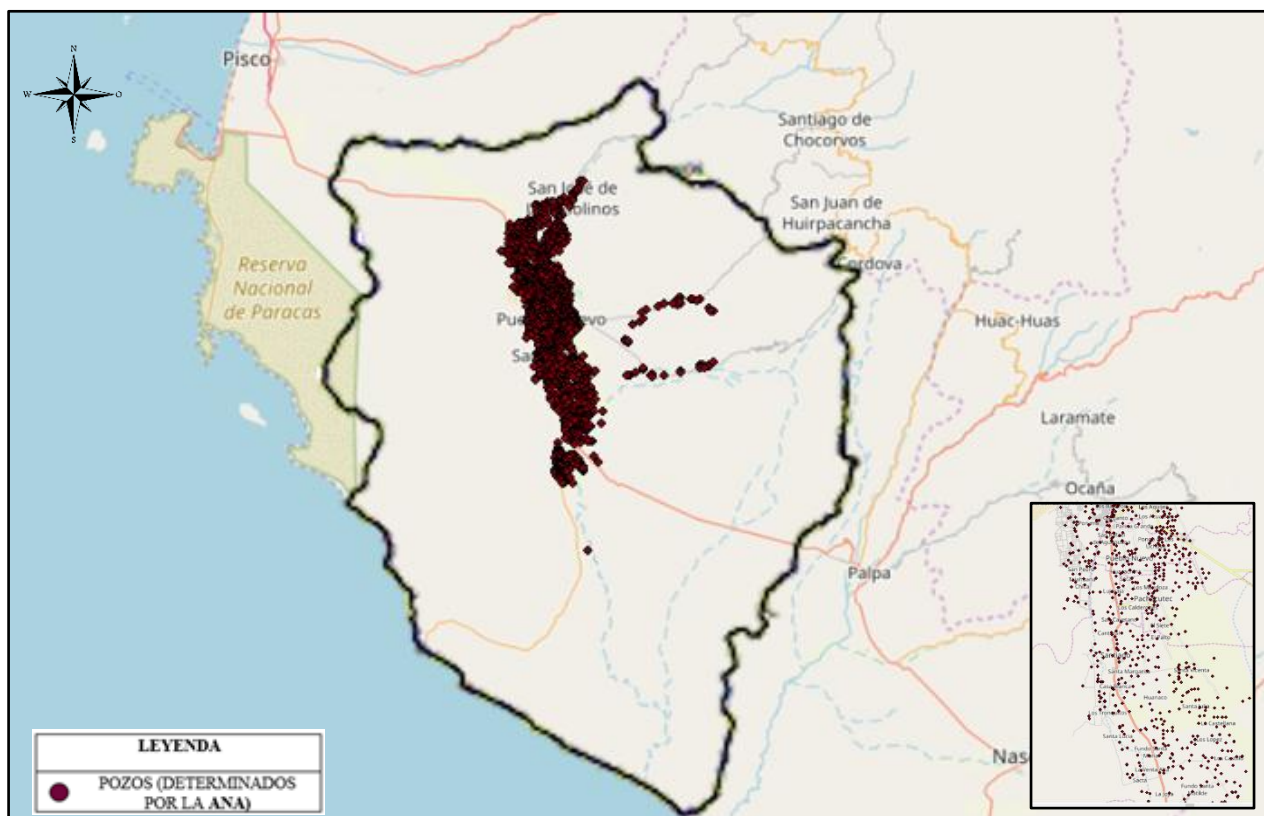
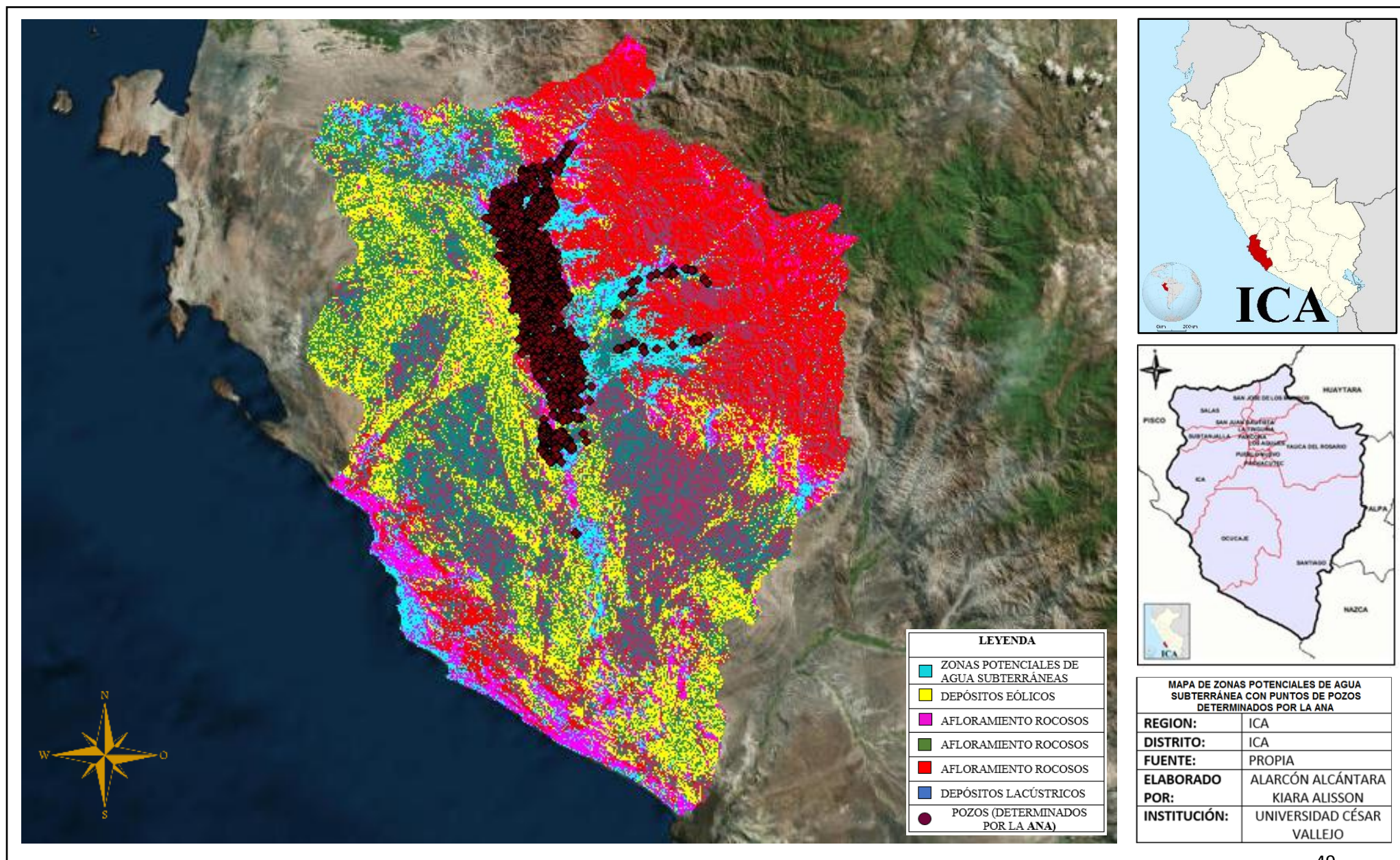


Figura 14.- Validación de los resultados: Pozos de aguas subterráneas inventariadas por la ANA en el 2017 ubicadas dentro del mapa de aguas subterráneas determinadas por el procesamiento de imágenes LANDSAT 8 2018



SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

Para validar la información de manera final, se obtuvo el Informe de Estudio hidrogeológico para la ubicación de un pozo tubular con fines agrarios trabajado por los pobladores Señor Fermin Quichica Vega, su esposa Aurea Bartola Quispe Nieto, el Señor Angel Pedro Quichica Quispe y la Señora Yris Ruth Altamirano Carhuayo. E. Los cuales realizaron por método de Sondeo Eléctrico Vertical la existencia de aguas subterráneas en la zona de la Provincia de Ica. El presente Informe se presenta con el fin de validar a través de los resultados de esta técnica in situ la conformidad de los resultados de las técnicas de teledetección para la misma determinación.

Un sondeo eléctrico vertical, permite obtener información del terreno mediante la aplicación de un pulso de corriente eléctrica como estímulo y el simultáneo registro de la diferencia de potencial generada por el terreno a modo de respuesta. Este método permite caracterizar el subsuelo, detectar napas subterráneas, calificar el estado del basamento rocoso. La prospección geofísica por el método de resistividad eléctrica, es parte de las investigaciones orientadas a la evaluación de las condiciones hidrogeológicas del subsuelo para contemplar la explotación del recurso hídrico subterránea.

La resistividad es un rango muy variable, pero aun así tenemos algunos Valores de las principales rocas que se presentan en la naturaleza. Ver cuadro

RESISTIVIDADES DE LAS AGUAS	
AGUAS	RESISTIVIDAD EN OHMNOS
AGUA DE MAR	0.2 - 2
ACUIFEROS ALUVIALES	10 – 30
AGUA DE FUENTES	50 – 100

Fuente: Lu. V. Iakubovskij, L. L. Liajov - 1980

Ubicación del área de validación

El pozo proyectado se encuentra ubicado en el Predio denominado Huayuri, Distrito de Santa Cruz, Provincia de Palpa, Departamento de Ica, Geográficamente, está comprendida entre las siguientes coordenadas UTM (WGS 84):

471,445 mE – 8'396,145 mN

Figura 15 Huayuri, Distrito de Santa Cruz, Provincia de Palpa



Metodología

Se ejecutaron tres (03) Sondeos Eléctricos Verticales–SEVs en la zona indicada, tal como se muestra en Fig.---- . Empleando la configuración electródica asimétrica perpendicular Schlumberger con medidas a partir de $AB/2=1$ m. y $MN=0.50$ m.

TABLA 9.- COORDENADAS DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES – SEVs

SEV	ESTE	NORTE
1	471445.00 m E	8396145.00mN
2	471637.00mE	8396234.0mN
3	471372.00mE	8395997.0mN

Equipo utilizado



Figura 16

Georesistivímetro Transmisor –Receptor marca Warg Power Modelo G 1120

La información de los Sondeos Eléctricos Verticales–SEVs, obtenida en campo, ha sido procesada e interpretada cuantitativamente mediante la comparación interactiva con curvas patrón de Ernesto Orellana y Harold m. Mooney y procesada por el software especializado de resistividad eléctrica (IPI2WIN).

TABLA 10.- VALORES DE RESISTIVIDADES Y ESPESORES GEOELÉCTRICOS

EJECUTADOS PARA: EL PREDIO HUAYURI UC 10035 – SANTA CRUZ

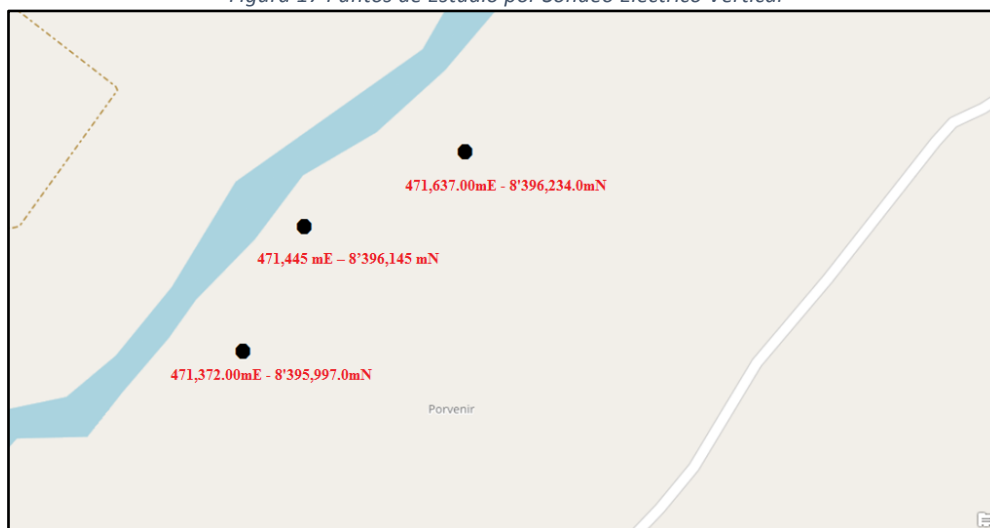
SEV	f_1 h_1	f_2 h_2	f_3 h_3	f_4 h_4	COORD UTM GWS 84
01	261,0 1,68	909,0 20,50	79,40 22,80	40337 ----	471445 mE, 8396145 mN
02	740,2 0,75	395,30 24,21	1101,0 34,51	159,30 45,33	471637 mE, 8396234 mN
03	437,10 6,06	1218,0 13,68	96,81 27,15	26448 ----	471372 mE, 8395997 mN

H=Profundidad hasta la base de la capa f =Resistividad en Ohm-m h =Espesor de cada capa en m

Según los cuadros realizados y construidos en base a los valores de la interpretación de la resistividad eléctrica del subsuelo se ha obtenido diferentes curvas de campo donde se puede apreciar de cuatro horizontes con diferente potencia y permeabilidad. En ellos se observa la presencia de aguas subterráneas en la zona. Teniendo como resultados que el SEV N° 01 presenta las mejores condiciones del acuífero con el área recomendada por el estudio geofísico (Sondaje eléctrico). Para el régimen de bombeo recomendado (08 horas/día), el radio de influencia del pozo proyectado será de 180.00m. (75.00 +105.00 m), m, si el caudal a extraer es de 10 l/s.

Validando la información obtenida con los mapas realizados en el procesamiento de imágenes satelitales, se ubicó dichos puntos de la siguiente manera:

Figura 17 Puntos de Estudio por Sondeo Eléctrico Vertical



Se realizó la comparación entre las zonas potenciales de agua subterráneas y las zonas estudiadas por el método de Sondeo Eléctrico Vertical, obteniendo la igualdad en los 3 puntos de estudio.

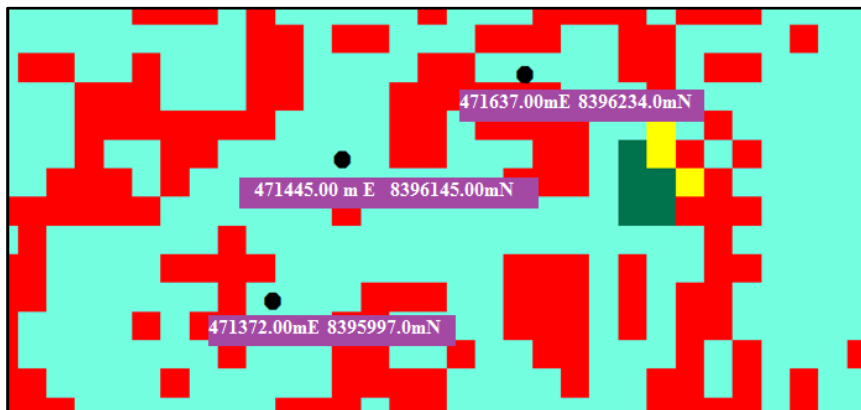


Figura 18 Ubicación de puntos estudiados por SEV en Mapa resultante de zonas potenciales de aguas Subterráneas

Cabe resaltar que para dicho estudio se obtuvo también el inventario de pozos de la misma zona

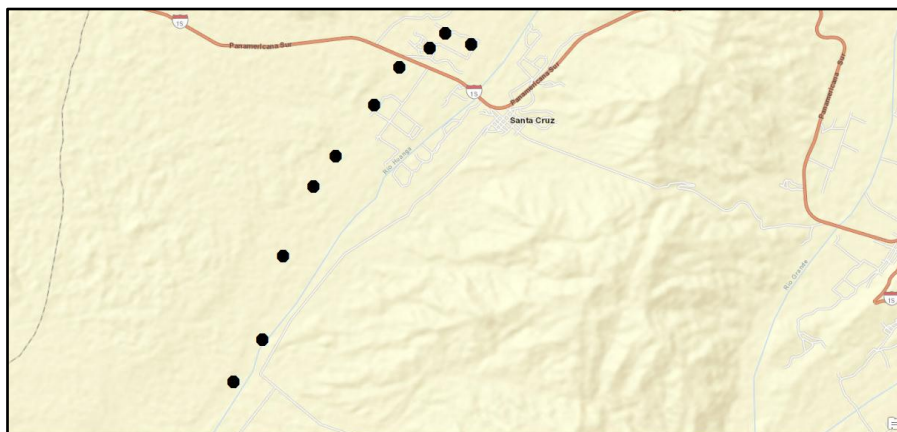


Figura 19 Ubicación de puntos de pozos de aguas subterráneas inventariadas por el ANA

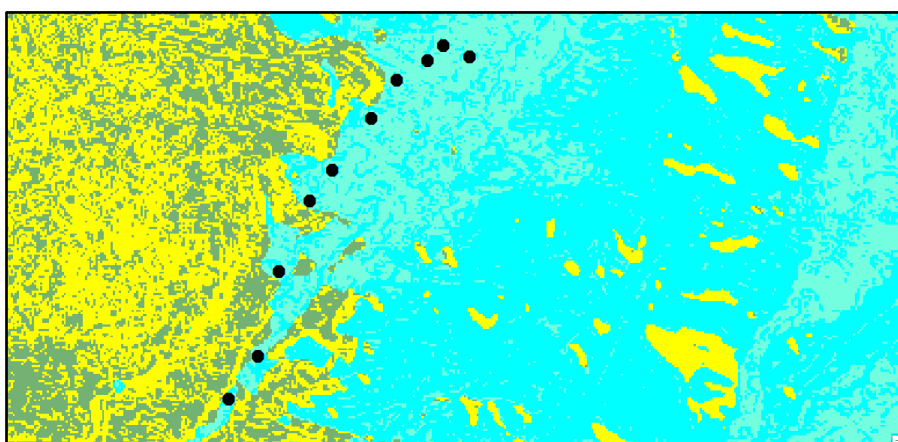
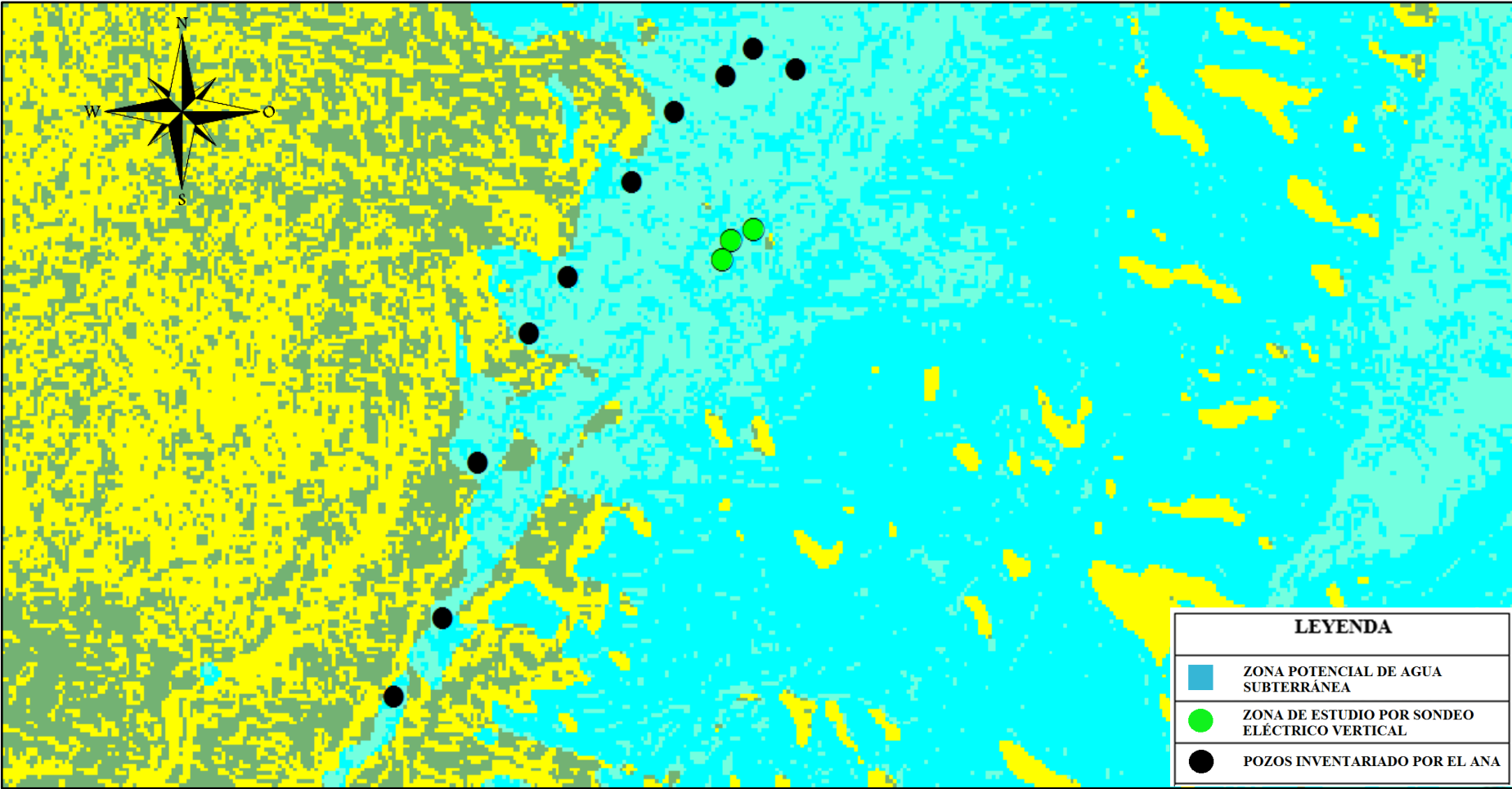


Figura 20 Pozos ubicados en el Mapa resultante de zonas potenciales de aguas Subterráneas

TABLA 11.- Coordenadas de los puntos inventariados

N° PUNTO	IR HS	USUARIO	SECTOR	COTA TERRENO m.s.n.m.	UBICACIÓN		PERFORACIÓN		EXPLOTACIÓN
					Coordenadas PSAD 56		Año	Diámetro	ESTADO DEL POZO
					ESTE	NORTE	19...	(m)	
1	25	CAUELCARMEN	CABECERA LAS MONJAS	504.50	472004	8397457	69	0.48	UTILIZABLE
2	26	CAUELCARMEN	CABECERA LAS MONJAS	503.90	471637	8397620	50	0.48	UTILIZADO
3	27	JULIA SARMIENTO SOTIL	LAS MONJAS	464.00	470972	8397135	60	0.48	UTILIZABLE
4	28	COMITÉ DE USUARIOS POZO N° 28	LAS MONJAS	480.30	470618	8396595	65	0.48	UTILIZADO
5	29	J ANDIA AMESQUITA	LAS MONJAS	456.20	469682	8395285	65	0.46	UTILIZADO
6	30	GODOFREDO LOAYSA MORALES	LAS MONJAS	445.10	469311	8394428	60	0.46	UTILIZADO
7	31	CHANJALLA AVALOS	HUAYURI	410.20	469017	8393240	70	1.60	UTILIZABLE
8	32	ALEJANDRO RAMOS ORMEÑO Y OTROS	HUAYURI	418.70	468510	8393186	60	0.46	UTILIZADO
9	50	DEMETRIO GERONIMO VILLAGARAY	LAS MONJAS	509.00	471412	8397408	2008	21"	UTILIZADO
10	51	MARIO L. MORON AQUIJE	LAS MONJAS	482.00	470070	8395856	2008	18"	UTILIZADO

FIGURA 21.- ZONAS POTENCIALES DE AGUA SUBTERRÁNEAS DETERMINADAS POR TELEDETECCIÓN PASIVA COINCIDIENDO POR POZOS INVENTARIADOS POR EL ANA Y PUNTOS DE ESTUDIOS POR MÉTODO DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL



VISITA DE CAMPO A LOS POZOS INVENTARIADOS POR LA AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Se realizó la visita de campo de 9 puntos de los pozos de agua subterráneas inventariadas por el ANA, de los cuales se observó que se encuentran operativos. La gestión, uso y explotación de ellos se encuentran en manos de distintas autoridades dispuestas por el ANA.

Tabla 12.- Coordenadas de los puntos visitados

N°	REFERENCIA	COORDENADAS (UTM)
1	ESTADIO PICASSO PERALTA	8444767.014mN – 420244.856mE
2	ESTADIO PICASSO PERALTA	8444522.741mN – 420325.298mE
3	CALLE SANTA ROSA	8444210.679mN – 419939.947mE
4	CALLE CAMINO REAL DE CACHICHE	8442076.201mN – 420434.438mE
5	CALLE AYABACA	8443640.548mN – 418904.739mE
6	HOSPITAL REGIONAL DE ICA	8443989.799mN – 419895.605mE
7	CALLE SAN LUCAS	8442604.840mN – 420378.082mE
8	AV. LUIS GERONIMO DE CABRERA	8441507.868mN – 421713.476mE
9	URB. LAS CASUARINAS 3er Etapa	8440542.510mN – 421819.054mE



Figura 22 Visita de Campo a Pozos de aguas Subterráneas inventariados por el ANA

IV. DISCUSIÓN

El Mapa temático resultante nos permite realizar un análisis visual de las imágenes procesadas donde se observa que las aguas subterráneas yacen sobre los depósitos aluviales, siendo estas las áreas de alta probabilidad de existencia de aguas subterráneas. La temperatura superficial terrestre nos permite contrastar las zonas desérticas, de la vigorosa vegetación, o los suelos húmedos de los depósitos eólicos o aluviales. Tal como lo menciona, Mendoza y Rojas en su estudio titulado exploración de aguas subterráneas en la región Lambayeque-Perú usando imágenes ASTER. ante la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM en el año 2003. En dicho estudio se siguió un metodología de los DEM - ASTER GDEM obteniendo como resultados del procesamiento los parámetros de estudio de temperatura de la superficie, la pendiente, la red de drenajes y el NDVI, parámetros que varían dependiendo las zonas.

Con respecto a los parámetros se tiene como resultado que a menor temperatura es mayor el porcentaje de zonas potenciales de agua subterráneas. así mismo, los valores más cercanos a 1 en el NDVI nos dan a notar un mayor porcentaje de agua subterránea. Cabe resaltar que, este estudio se realizó en una sola costera considerada desértica y la fecha de estudio fue en temporadas que no existían precipitación, a pesar de ello se observa grandes espacios de vegetación sana y frondosa. Por otro lado, en la zona que existe menores componentes principales es mayor la probabilidad de la existencia de agua en la zona y finalmente a menor pendiente es mayor el porcentaje de agua subterránea debido que, la filtración de agua es más densa según el grado de inclinación.

Los resultados de la validación por base de datos entregado por el ANA nos indica que las zonas potenciales de agua subterráneas determinadas por técnicas de teledetección pasiva son correctas ya que todos los puntos de ubicación de los pozos existentes se encuentran dentro de la zona con aguas subterráneas, este tipo de estudios nos lo proporciona el objetivo de planificar su uso y explotación. El objetivo que presentan los autores es evaluar el estado actual de las fuentes de agua subterránea, con ello se proporcionará datos importantes acerca del nivel de explotación a la fecha del acuífero, de tal manera que se haga frente al déficit del recurso hídrico que sufre toda esa zona.

De la misma manera, las coordenadas obtenidas de la base de datos del ANA nos permitieron localizar in situ los pozos existentes y se verificó la disponibilidad y acceso actual de 9 puntos escogidos al azar, donde se deduce que los datos obtenidos son correctos y validan de manera confiable los mapas temáticos emitidos del procesamiento de las imágenes satelitales. Tal como lo hizo Hernández en el año 2010 en su estudio denominado Metodología para la prospección de agua subterránea utilizando información satelital y datos obtenidos en forma tradicional. Consiguiendo por medio de una metodología de procesamiento de información satelital y datos obtenidos en forma manual en campo comprobar la validez del uso técnicas de teledetección para zonas probables de agua subterránea en zonas determinadas.

En continuación, los resultados obtenidos de la participación del informe de Estudio hidrogeológico para la ubicación de un pozo tubular con fines agrarios trabajado por los pobladores Señor Fermin Quichica Vega, su esposa Aurea Bartola Quispe Nieto, el Señor Angel Pedro Quichica Quispe y la Señora Yris Ruth Altamirano Carhuayo. E me permitieron validar de manera experimental la existencia de agua en las zonas determinadas, ya que se realizó 03 puntos de estudios que caen de manera precisa en las zonas de agua subterráneas obtenidas por las técnicas de teledetección. Adicionalmente a dicho estudio se obtuvo el Inventariado de pozos de la misma zona también estos puntos se encontraban dentro de la zona determinada por teledetección. donde se observa que de la misma manera los puntos de ubicación de los pozos ya existentes y del estudio de los pozos a realizar caen el la zona potencial de aguas subterráneas. Dando pase a lo trabajo por la INRENA en el 2005 en el estudio hidrogeológicamente el acuífero Ica-Villacurí, donde desarrolla las características geológicas y geomorfológicas del Valle de Ica a través 2 métodos de trabajo, el sondeo eléctrico vertical (SEV) y el sondeo por transistores electromagnéticos (TDEM). Y obteniendo validez con el Inventario de fuentes de agua subterránea, la determinación de la geometría del acuífero, la hidráulica subterránea, hidrogeoquímica y condiciones hidrogeológicas del acuífero y finalmente se realizó el cálculo las reservas totales del acuífero Ica-Villacurí. Esta investigación trajo como aporte la realización de la prospección geofísicas

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Se ha logrado identificar que el 30% de la Región Ica son consideradas zonas potenciales de agua subterráneas determinados por medio de técnicas de teledetección pasiva durante el periodo 2017 al 2018. Los distritos de PACHACÚTEC, PARCONA, PUEBLO NUEVO, LA TINGUIÑA, SAN JUAN BAUTISTA, TATE y SALAS son zonas muy potenciales de agua subterráneas, puesto que se encuentran prácticamente encima de un flujo fuerte de este tipo de agua. Cabe indicar que, se utilizó 03 métodos de evaluación de validación de esta información dando todas las certezas que la determinación es exacta. Si bien no se ha determinado la cantidad de este flujo, se ha logrado verificar la extensión de este.

Con relación a la temperatura superficial, se evidencio que esta influyó de manera poco significativa en la determinación de aguas subterráneas ya que no existe mucha variación entre las temperaturas de la zona de estudio. Las temperaturas máximas aumentaron hasta 319 °K y las mínimas descendieron en 300°K teniendo una variación de 2°K por cada 5% de agua determinada. Dando así mayor porcentaje de aguas subterráneas las zonas con menores temperaturas.

En cuanto al índice de vegetación (NDVI), se determinó que influye de manera significativa en la determinación de aguas subterráneas por medio de técnicas de teledetección en la Región Ica, el desarrollo vegetal de la superficie de la provincia de Ica, se encontraba buena, vigorosa y saludable a pesar que la muestra se tomó en los tiempos de verano donde existe poca precipitación en el lugar, se encontró así de bien la zona de estudio. Por ello se evidencia que más cercana sea a la unidad (+1) la zona mayor porcentaje de aguas subterráneas se presentarán en ese espacio de esa zona costera con poca precipitación.

Así mismo, la pendiente por ser un factor de rangos bastante alto se convierte en una influencia significativa de determinación de aguas subterráneas por teledetección. Se

precisa que a mayor pendiente es menor la posibilidad de existencia de Aguas subterráneas en las zonas.

Los componentes principales se llegaron a reducir de manera considerable en el procesamiento de agua subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018. Teniendo como consecuencia que a menor Componentes principales mayor será la cantidad de Agua subterránea a explotar. Siendo así un factor de gran influencia en la determinación de Aguas subterráneas por estas técnicas empleadas.

Ante los resultados obtenidos en la presente investigación se reconoce de manera directa que las zonas determinadas por técnicas de teledetección en aguas subterráneas son exactas y confiables para considerarlos en estudios o informes posteriores.

VI. RECOMENDACIONES

La presente investigación nos concede adquirir conocimientos sobre la existencia de aguas subterráneas en la Provincia de Ica. Los resultados obtenidos en la investigación podrían servir para continuar realizando programas de mantención, cuidado y gestión adecuada del recurso en mención. Conscientes de la importancia del agua, se debe permitir acceder a la población alejada del centro de las provincias a este tipo de informes con el fin de evaluar su uso en las necesidades primordiales de vida. Y llevar en conjunto la vigilancia de los recursos naturales, para asegurar su sostenibilidad. También podría servir esta información para tenerlo en cuenta en la zonificación que se realiza de los espacios de la Provincia.

Las autoridades deberían aplicar este tipo de tecnologías de costo casi cero en los reportes e inventariados de los recursos. Así mismo, promover a la población agricultora al monitoreo ambiental de los recursos que engloba sus actividades a través de las técnicas empleadas en el presente trabajo de investigación.

Finalmente, se deja abierta esta investigación para complementar posteriormente la evaluación puntual de cada parámetro que se involucró en este estudio, pues estos nos traen información primordial en temas ambientales, la temperatura superficial, el NDVI (el estado de la vegetación de las zonas), los tipos de pendientes y la variación de las aguas en nuestro litoral nos ofrecen también información sobre los cambios que el planeta está sufriendo. El contraste ahora que se realizaría es la variación de estas aguas subterráneas determinadas por estas técnicas en el tiempo. Una nueva investigación es en verificar el nivel de explotación y/o las causas de las variaciones a las cuales podrían estar sometidas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTAÑO, Santiago. Aplicaciones de la teledetección y SIG al control y cuantificación de las extracciones de agua subterránea. [en línea]. 2014. [Fecha de consulta: 06 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/251816848>
- COLLAZO María y MONTAÑO Xavier. Aguas subterráneas. En: Manual de Agua Subterránea. Montevideo, Uruguay, 2012. pp. 52
- CHAVARRI, E. Balance hidrológico de la cuenca integral del río Ica. En: Instituto Nacional de Recursos Naturales, Proyecto: evaluación y ordenamiento del uso de los recursos hídricos de la cuenca del río Ica. Lima: INRENA. 2002. pp.28.
- CHUVIECO, E. 1996. Fundamentos de Teledetección. 3º edición, Editorial Rialp, Madrid, España.
- CHUVIECO, E. 2002. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. Editorial
- EDUSPACE. Sensores de Teledetección: los ojos de los satélites. [en línea]. 2012. Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2017] Disponible en <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad3/sensores.htm>
- HERNÁNDEZ, Myriam. Metodología para la prospección de agua subterránea utilizando información satelital y datos obtenidos en forma tradicional. [en línea]. 2010. [Fecha de consulta: 06 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/277748797>
- HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA María. Metodología de la Investigación. 5ta Edición. México: Interamericana Editores. 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9
- HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA María. Metodología de la Investigación. 6ta Edición. México: Interamericana Editores. 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0

- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES. Estudio hidrogeológico del acuífero Ica-Villacurí. Lima, INRENA, 2005. pp.150
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES. Monitoreo de las Aguas Subterráneas en los Valles de la Vertiente del Pacífico y el Atlántico - Palpa, INRENA, 2000. pp.143
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS GEOGRÁFICAS. Imágenes de satélites- LANDSAT. 2014.
- JAPAN ASSOCIATION ON REMOTE SENSING. REMOTE SENSING NOTE. [en línea]. 1993. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018]. Disponible en http://www.jars1974.net/pdf/rsnote_e.html
- MADANI, Ahmed. 2015. Groundwater potential mapping using remote sensing techniques and weights of evidence GIS model: a case study from Wadi Yalamlam basin, Makkah Province, Western Saudi Arabia. Berlin: Revista Springer.
- MARCOS, Patricio; LOPEZ, Antonio Y PULIDO, Manuel. Combined use of relative drought indices to analyze climate change impact on meteorological and hydrological droughts in a Mediterranean basin. [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2018]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169417306327>
- MEIJERINK, A. Remote sensing applications to groundwater, IHP-VI Series on Groundwater 16. Italia: Paris 2007. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001563/156300e.pdf>
- MENDOZA, Juan y ROJAS, Joel. Exploración de aguas subterráneas en la región Lambayeque-Perú usando imágenes Landsat y ASTER. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Física. 2003. pp. 1-8
- MONTESINOS, Salomón; FERNÁNDEZ, Lara; MATEO, Bea y GONZÁLES, Manuel. Cuantificación mediante teledetección de las extracciones de agua

subterráneas en el acuífero de Aguascalientes (México). España: Revista de la Asociación Española de Teledetección. 2003. pp. 4-7

MORAN, M., BRYNT, R., THOME, K., NI, W., NOUVELLON, Y., GONZALEZ-DUGO, M., et al. (2001). A refined empirical line approach for reflectance factor retrieval from Landsat-5 TM and Landsat-7 ETM. *Remote Sensing of Environment*, 78(1-2), 71-82.

MUÑOZ, J. y SOBRINO, A. Obtención De La Temperatura De La Superficie Terrestre A Partir De La Serie Histórica Landsat. Valencia-España, 2009, p.2

ORDOÑEZ, Juan. Cartilla técnica: Aguas subterráneas-acuíferos. SENAMHI [en línea]. 1993. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018]. Disponible en https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterraneas.pdf
ISBN: 978-9972-602-78-8

PEÑA, Fluquer; SÁNCHEZ, Mauro y PARI, Walter. Hidrogeología de la cuenca del río Ica. Regiones Ica y Huancavelica. [en línea]. 2010. [Fecha de consulta: 06 de abril de 2018]. Disponible en: <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/370>

PUCHA, Franz; FRIES, Andreas; CÁNOVAS, Fulgencio; OÑATE, Fernando; GONZÁLES, Victor y PUCHA, Darwin. Fundamentos de SIG: Aplicaciones con ArcGIS. 2017. pp.45. ISBN: 978 9942-28-901-8.

RAM Avtar, SRIKANTHA Herath, OSAMU Saito, WEENA Gera, GULAB Singh, BINAYA Mishra y KAZUHIKO Takeuchi. Application of remote sensing techniques toward the role of traditional water bodies with respect to vegetation conditions. *Revista: Springer Science Business Media Dordrecht*. 2014. Pp. 1009-1010

RECA, J.; MEDINA, E.; CAMACHO, R.; LÓPEZ y ROLDÁN, J. Aplicación de las técnicas de teledetección y SIG a la determinación y análisis de mapas de evapotranspiración. [en línea]. 1999. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018].

Disponible en

<https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/viewFile/2778/2758>

RICHARDS, John. y JIA, Xiuping. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. [en línea]. 2006. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2018]. Disponible en <http://www.springer.com/us/book/9783540297116>

ROJAS, Rosa; GAONA, Thalía; ARREDONDO, Jorge; PEÑA, César; CORONA, Elva; VENEGAS, Francisco y BAEZA, Oswaldo. Planeación urbana y regional: un enfoque hacia la sustentabilidad [en línea]. 2005. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2018]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=CWkrE8RVM4QC&pg=PA45&dq=1994+disponibilidad+de+agua+dulce+en+el+mundo&hl>

Sequía en Perú: ampliarán a 17 número de regiones en emergencia [En línea]. El Comercio: Lima, Perú, 06 de diciembre 2016. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2018]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/peru/sequia-peru-ampliaran-17-numero-regiones-emergencia-152233>

SOBRINO, J. Teledetección. [en línea]. 2000. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2018]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=Yb6xIldfoT0C&printsec=frontcover&dq=correcciones+radiometricas+a+las+imagenes+satelitales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj2l4mC0bfWAhWJ5iYKHVWbA90Q6AEIKjAB#v=onepage&q&f=false>

WIELEMAKER, W. y VOGEL, A. Un sistema de información de suelos y tierras para la zona atlántica de Costa Rica. En: Ministerio de Agricultura y ganadería de Costa Rica. [en línea]. 1993. [Fecha de consulta: 06 de abril de 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=AssOAQAIAAJ&pg=PA37&dq=DEPOSITOS+aluviales+son&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi14Yyy3I7cAhWGxVkJHdGmBgAQ6AEIOzAE#v=onepage&q=DEPOSITOS%20aluviales%20son&f=false>

ANEXOS 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
General	General	General			
¿Cuáles son las posibles zonas potenciales de aguas subterráneas determinadas por teledetección en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018?	Identificar las zonas potenciales de aguas subterráneas obtenidas por las técnicas de teledetección en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.	El 70% de la Región Ica son consideradas zonas potenciales de agua subterránea determinados por medio de técnicas de teledetección pasiva durante el periodo 2017 al 2018.	-	-	-
Específicos	Específicos	Específicos			Indicadores
¿En qué medida el índice de vegetación (NDVI) influye en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo durante el periodo 2017 al 2018?	Determinar la influencia del índice de vegetación (NDVI) en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo durante el periodo 2017 al 2018.	El índice de vegetación (NDVI) influye de manera significativa en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.	TELEDETECCIÓN	INDICE DE VEGETACIÓN	NDVI
				TEMPERATURA	TEMPERATURA SUPERFICIAL
				GRADO DE INCLINACIÓN	PENDIENTE
				BANDAS	COMPONENTES PRINCIPALES
¿En qué medida la temperatura superficial influye en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo durante el periodo 2017 al 2018?	Determinar la influencia de la temperatura superficial en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo durante el periodo 2017 al 2018.	La temperatura superficial influye de manera significativa en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.	AGUAS SUBTERRÁNEAS	ACUÍFERO	ZONAS POTENCIALES DE AGUA SUBTERRÁNEA
				DEPOSITOS DE SEDIMENTACIÓN	DEPOSITOS LACÚSTRICOS DEPOSITOS ALUVIALES
¿En qué medida la pendiente influye en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo durante el periodo 2017 al 2018?	Determinar la influencia de la pendiente en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo durante el periodo 2017 al 2018.	La pendiente influye de manera significativa en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.			
¿En qué medida los componentes principales influye en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo durante el periodo 2017 al 2018?	Determinar la influencia de los componentes principales en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo durante el periodo 2017 al 2018.	Los componentes principales influye de manera significativa en la determinación de aguas subterráneas de la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.			

Anexo 2: Validaciones



INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr/Mg.: Valdivia Gonzalo Rojas
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC Invest. para Lab. Político
 1.3. Especialidad del experto:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:


INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					90
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					90
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					90
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					90
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					90
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					90
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					90
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					90
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					90
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					90

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?..... Ninguno

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho De P.T. del 2018.


 Firma de experto Informante
 DNI: 60303002

90

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante, Dr./Mg.: Suarez Alvites, Alejandro
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente de Investigación - UCV
 1.3. Especialidad del experto: Ing. Químico

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

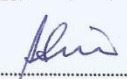
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					81
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					81
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					81
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					81
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					81
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					81
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					81
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					81
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					81
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					81

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación? Ninguno

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, 4 de 07 del 2018.


 Firma de experto Informante
 DNI: 07106495

81

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Villanueva Gastelú Raúl
 1.2. Cargo e Institución donde labora: D.T.C./UCV
 1.3. Especialidad del experto: Estadístico - Metodólogo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					✓
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					✓
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					✓
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					✓
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					✓
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					✓
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					✓
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					✓
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					✓
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					✓

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación? Instrumento aplicable

IV. PROMEDIO DEVALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, 4 de 07 del 2018.

Ruud
Firma de experto Informante
DNI: 06681914

87%

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg. Sernaquí Aucalluza Fernando
 1.2. Cargo e Institución donde labora: UCV Coordinación de Investigación
 1.3. Especialidad del experto: Ing. Ambiental

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					90
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					90
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					90
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					90
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					90
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					90
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					90
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					90
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					90
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					90

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación? Ninguno

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, si de 07 del 2018.

Sernaquí Aucalluza Fernando
 Firma de experto Informante
 DNI: 07268863

90

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: GAMARRA CHAVARRY, Luis
 1.2. Cargo e Institución donde labora: SENAMHI - UCV
 1.3. Especialidad del experto: INGENIERO GEOGRAFICO - ECONOMISTA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					90
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					90
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					90
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					90
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					90
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					90
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					90
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					90
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					90
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					90

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, 4 de Oct. del 2018.


 Firma de experto informante
 DNI: 10228440

90

INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: UBARTE ALVAIN Cortes Alfredo
 1.2. Cargo e Institución donde labora: DTC - Ing. Ambiental
 1.3. Especialidad del experto: Ing. Científico

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

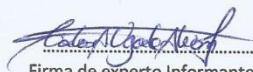
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.				80%	
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.				80%	
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.				80%	
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.				80%	
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.				80%	
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.				80%	
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.				80%	
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.				80%	
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.				80%	
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.				80%	

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, 04 de 07 del 2018.



 Firma de experto Informante
 DNI: 10473562.....

80%

Anexo 3: Instrumento de recolección de datos

	Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018		Versión 01
			Fecha: 20 / 06 / 18
	FICHA DE OBSERVACIÓN		Página 1 de 2
I. DATOS DEL OBSERVADOR			
APELLIDOS	Alarcon Alcantara		
NOMBRES	Kiara Alisson		
CICLO	IX		
ESCUELA	Ingeniería Ambiental		
E-MAIL	kiaraalarcon.3@gmail.com		
II. GENERALIDADES			
OBJETIVO	Determinar mediante técnicas de teledetección las posibles zonas potenciales de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.		
ÁMBITO	Aguas subterráneas		
UBICACIÓN	Distrito de Ica, Región Ica		
FECHA DE ANÁLISIS		HORA DE ANÁLISIS	
III. DATOS DE LA UNIDAD DE ESTUDIO			
PROVEEDOR O FUENTE DE ADQUISICIÓN	USGS	SENSOR / SATELITE	
ANCHO DE BARRIDO DE LA ESCENA	- Barrido:	PROYECCIÓN	
		COORDENAS GEOGRÁFICAS	X: Y:
RESOLUCIÓN ESPACIAL	- Banda multiespectral: - Banda terma*: - Banda pancromática :		LATITUD:
			LONGITUD:
FECHAS DE ADQUISICIÓN			
RESOLUCIÓN TEMPORAL	-Tiempo de revisita:	ORBITA	Satélite de órbita polar

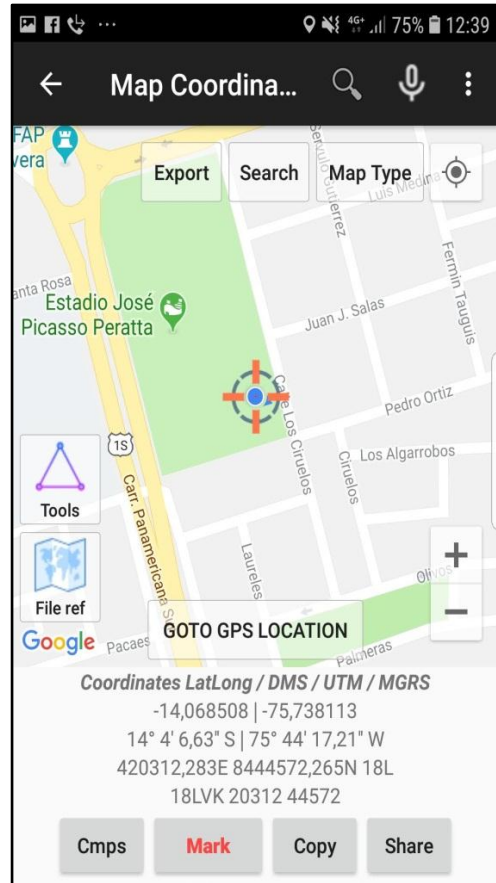
	Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018		Versión 01
			Fecha: 20 / 06 / 18
	FICHA DE OBSERVACIÓN		Página 2 de 2
IV. OBSERVACIONES			
DIMENSIÓN	INDICADOR	OBSERVACIONES	
ACUÍFERO	ZONAS POTENCIALES DE AGUA SUBTERRÁNEA		
DEPOSITOS DE SEDIMENTACIÓN	DEPOSITOS LACÚSTRICOS		
	DEPOSITOS ALUVIALES		
OBSERVACIONES:			

Anexo 4: Mapa de ubicación de zona de estudio



MAPA DE UBICACION DE ZONA DE ESTUDIO	
REGION	ICA
DISTRITO	ICA
FUENTE	GOOGLE EARTH
ELABORADO POR	ALARCON ALCANTARA, KIARA
INSTITUCION	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Anexo 5: Galería de Fotos de Visita de Campo







PUNTO 5
Ref. Av. Ayabaca . Psj 54



PUNTO 6
Ref. Hospital Regional de ICA



PUNTO-07
REF. CALLE SAN
LUCAS -
LISE SAN LUIS
GONZAGA - ICA



PUNTO - 08
REF. AV. LUIS
GERONIMO DE
CABRERA -
DERRAMA MAGISTERIAL
ICA



PUNTO 9
Ref. LAS CASUARINAS



Instalación del equipo de geofísica en la zona de investigación



Vista de ejecución de sondaje eléctrico 1



Vista de ejecución de sondaje eléctrico 2



Vista de ejecución de sondaje eléctrico 3

Yo, **Marco Antonio Herrera Díaz** docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

" *Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018.*

.....",
del (de la) estudiante *Kara Alisson Alarcón Alcantara*

....., constato que la investigación tiene un índice de similitud de *20.00* % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha... *Lima, 10 de Diciembre del 2018*



Mg. Marco Antonio Herrera Díaz

DNI: 44553815

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Resumen de coincidencias

20 %

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	5 %
2	docplayer.es Fuente de Internet	2 %
3	fisica.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
5	www.reddccadgiz.org Fuente de Internet	1 %
6	aguas.igme.es Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1 %



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA:

Kiara Alisson Alarcón Alcántara

ASESOR:

Mg. Marco Antonio Herrera Díaz

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA - PERÚ

Año 2018-I

Text-only Report

High Resolution

Activado



[Handwritten signature]
10/12/18



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Kiara Alisson Alarcón Aleantara identificado con DNI N° 70493608, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo () , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Kiara Alarcón
FIRMA

DNI: 70493608

FECHA: 10 de 12 del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Mg. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Klara Alisson Alarcón Alcantara

INFORME TÍTULADO:

Aplicación de las técnicas de teledetección

pasiva para la determinación de aguas subterráneas
en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniera Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 10 de Diciembre del 2018

NOTA O MENCIÓN: CATORCE (14)

MG. FERNANDO ANTONIO SERNAQUÉ AUCCAHUASI