

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA GEOLÓGICA**

“POTENCIAL ACUÍFERO MEDIANTE LA
TELEDETECCIÓN DE HUMEDALES EN LA
CUENCA CAJAMARCA - 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autores:

Kevin Walter Garcia Chaupe
Denys Ruben Herrera Chanducas

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda
<https://orcid.org/0000-0002-3676-7137>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Wilder Chuquiruna Chávez	41245114
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Daniel Alejandro Alva Huaman	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ronald Smith Mayta Rodas	42319154
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	20
2.1. Tipo de investigación	20
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	20
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	21
2.3.1. Técnicas	21
2.3.2. Instrumentos	21
2.3.3. Análisis de datos	21
2.4. Procedimiento	22
2.5. Aspectos Éticos	32
CAPÍTULO III: RESULTADOS	34
3.1. Aspectos Generales	34

3.2.	Unidades litoestratigráficas	38
3.3.	Hidrogeología	48
3.4.	Obtención y análisis de los parámetros superficiales para la identificación de humedales.	53
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		70
4.1.	Discusión	70
4.2.	Conclusiones	73
REFERENCIAS		75
ANEXOS		80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Ficha de descripción de campo.</i>	21
Tabla 2	<i>Parámetros de calibración radiométrica Landsat 8</i>	23
Tabla 3	<i>Numero de Bandas satelitales</i>	27
Tabla 4	<i>Combinación de bandas para Landsat 8</i>	28
Tabla 5	<i>Coordenadas de referencia (UTM)</i>	34
Tabla 6	<i>Clasificación de la Cubierta vegetal en el NDVI</i>	54
Tabla 7	<i>Clasificación de materiales en NDWI</i>	58
Tabla 8	<i>Grado de infiltración según la pendiente</i>	61
Tabla 9	<i>Análisis de rango de temperatura en cubiertas</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Obtención de imagen Landsat 8 OLI/TIRS</i>	22
Figura 2 <i>Corrección radiométrica, firmas espectrales del agua, vegetación y suelo desnudo</i>	24
Figura 3 <i>Corrección atmosférica, firmas espectrales del agua, vegetación y suelo desnudo</i>	26
Figura 4 <i>Árbol de decisiones</i>	32
Figura 5 <i>Delimitación Hidrográfica</i>	36
Figura 6 <i>Demarcación Política</i>	37
Figura 7 <i>Geología de la cuenca Cajamarca</i>	47
Figura 8 <i>Hidrogeología de la cuenca Cajamarca</i>	50
Figura 9 <i>Sección hidrogeológica de la cuenca Cajamarca SW - NE</i>	51
Figura 10 <i>Sección hidrogeológica de la cuenca Cajamarca NW - SE</i>	52
Figura 11 <i>NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)</i>	55
Figura 12 <i>NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) Clasificado</i>	56
Figura 13 <i>NDWI (Índice de Agua de Diferencia Normalizada)</i>	59
Figura 14 <i>NDWI (Índice de Agua de Diferencia Normalizada) Clasificado</i>	60
Figura 15 <i>Pendiente</i>	62
Figura 16 <i>Pendiente Clasificada</i>	63
Figura 17 <i>Temperatura superficial de la Tierra</i>	65
Figura 18 <i>Temperatura Superficial</i>	66
Figura 19 <i>Parámetros clave para la identificación de zonas de recarga hídrica mediante el clasificador en Árbol de la zona de estudio</i>	68
Figura 20 <i>Clasificador en Árbol</i>	69

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: <i>NDVI</i>	28
Ecuación 2: <i>NDWI</i>	29
Ecuación 3: <i>Parte superior de la atmósfera</i>	30
Ecuación 4: <i>Temperatura de brillo</i>	30
Ecuación 5: <i>Proporción de vegetación</i>	31
Ecuación 6: <i>Emisividad</i>	31
Ecuación 7: <i>Temperatura de superficie de la tierra</i>	31

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo descubrir zonas donde exista humedales como fuente potencial de acuífero en la cuenca Cajamarca al analizar imágenes Landsat. Esto involucra trabajos no muy costosos donde la tecnología (teledetección) a través de imágenes satelitales puedan realizar una prospección desde una pequeña a una gran extensión. La metodología se basa en procesar imágenes satelitales Landsat en el software Arcgis 10.8 y Envi 5.3, obteniéndose de esa manera mapas temáticos para identificar zonas con recargas hídricas y acumulación en pendientes con menor grado, adquiriendo de esa manera información de índice de vegetación diferencial normalizada (NDVI), Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), pendiente, temperatura superficial. En el resultado del análisis de los mapas se puede observar extensas zonas con vegetación saludable, zonas con menor probabilidad de existencia de agua subterránea, donde ha sido influenciado por la permeabilidad de la roca y la densidad de drenajes, y en mayor proporción por la pendiente del terreno muy favorables para la infiltración y la concentración de agua subterránea, concluyendo con este estudio que si es posible identificar zonas con potencial acuífero luego de interpretar los índices obtenidos en los mapas temáticos, por tanto, estas técnicas de teledetección ayudaron a identificar zonas potenciales de humedales.

PALABRAS CLAVES: NDVI, NDWI, Pendiente y temperatura superficial.

ABSTRACT

The present research aims to discover areas where wetlands exist as a potential source of aquifers in the Cajamarca basin by analyzing Landsat images. This involves inexpensive work where the technology (remote sensing) through satellite images can perform a survey from a small to a large area. The methodology is based on processing Landsat satellite images in Arcgis 10.8 and Envi 5.3 software, thus obtaining thematic maps to identify areas with water recharge and accumulation on slopes with lower grade, thus acquiring information on normalized difference vegetation index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), slope, surface temperature. In the result of the analysis of the maps it is possible to observe extensive areas with healthy vegetation, areas with lower probability of groundwater existence, where it has been influenced by the permeability of the rock and the density of drainage, and in greater proportion by the slope of the land very favorable for infiltration and groundwater concentration, concluding with this study that if it is possible to identify areas with aquifer potential after interpreting the indices obtained in the thematic maps, therefore, these remote sensing techniques helped to identify potential wetland areas.

KEY WORDS: NDVI, NDWI, slope and surface temperature.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Aguilar Arias, H., Mora Zamora., R. y Vargas-Bolaños, C. (2014). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes aster, rapideye, spot 2 y landsat 8 con el módulo flaash del software envi. Revista Geográfica De América Central, 2(53), 39-59.
<https://doi.org/10.15359/rgac.2-53.2>
- Alcantara, K. (2018). *“Aplicación de las técnicas de teledetección pasiva para la determinación de aguas subterráneas en la Región Ica durante el periodo 2017 al 2018”*. [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo].
- ANA (2015). Evaluación de recursos hídricos en la cuenca de Crisnejas. repositorio.ana.gob.pe. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/38>
- Avdan, U., y Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. Journal of Sensors, 2016.
- Cabrera, E., G. Galindo y D.M. Vargas. (2011). Protocolo de Procesamiento Digital de Imágenes para la Cuantificación de la Deforestación en Colombia, Nivel Nacional Escala Gruesa y Fina. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 44 p
- Castaño, S. (s.f). Aplicaciones de la teledetección y SIG al control y cuantificación de las extracciones de agua subterránea. Aguas.igme.es.
http://aguas.igme.es/actividadesIGME/lineas/HidroyCA/publica/libros2_TH/art2/pdf/aplicacion.pdf
- Chander, G., Markham, B. L. y Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote sensing of environment 113: 893-903.

- Colorado, Y. y Valera, R (2018). *“Análisis multiespectral mediante parámetros superficiales con la plataforma Landsat 8 para identificar agua subterránea en la cuenca del río Mashcon”* [Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte]
- Delgado, C. (2008). *“Hidrogeología y modelación del acuífero Pifo – El Quinche”* [Tesis pregrado]. Escuela Politécnica Nacional – Quito
- Díaz, F. (2018). *“Prospección de aguas subterráneas usando imágenes LANDSAT 8 y ASTER GDEM mediante el método de árbol de decisiones en el cuadrángulo 15 G-San Marcos – Cajamarca”* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca.]
- Díaz, S. (2018). *“Análisis multiespectral mediante imágenes satelitales para identificar zonas de recarga hídrica subterránea en la cuenca Jequetepeque”* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]
- Gebhard, J. (1997) *Técnicas de teledetección. Curso de Posgrado Hidrogeología de las Regiones Áridas*. Facultad de Ciencias Nat. y Museo. UNLP. La Plata (inédito)
- González, N., Gebhard, J. y Hernández, M., (1998). *La teledetección en la investigación geohidrológica. Bolsón de Mazán. Provincia de La Rioja. Argentina*.
Aguassubterranas.abas.org.
<https://aguassubterranas.abas.org/asubterranas/article/viewFile/23495/15581>
- Gu, D. y Gillespie, A. (1998). “Topographic Normalization of Landsat TM Images of Forest Based on Subpíxel Sun–Canopy–Sensor Geometry”, *Remote Sensing Environment*. Vol.64, p.p. 166 – 175.
- Gutiérrez, J., Fabregat, V., Ramos, G., Sánchez, E. y Antón-Pacheco, C., (1999). *Clasificación De Imágenes LANDSAT-TM Para La Estimación De*

*Superficie De Regadío En La Vega Baja Y Campo De Elche, Unidad Hidrogeológica
07.24 (Alicante).* Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=942723>

H.-Q. Xu y B.-Q. Chen. (2004). "Teledetección de la isla de calor urbana y sus cambios en la ciudad de Xiamen, en el sudeste de China", *Journal of Environmental Sciences* , vol. 16, no. 2, págs. 276–281.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hernández, M. (2010). *Metología Para La Prospección De Agua Subterránea Utilizando Información Satelital Y Datos Obtenidos En Forma Tradicional.* [online] Revistapolitecnica.epn.edu.ec.

Herraiz, A. S. (2009). La importancia de las aguas subterráneas. *La Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 103(1), 97-114.

https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/271

<https://www.redalyc.org/pdf/4517/4517445444002.pdf>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/5987>

INGEMMET, (2015). *Boletín Serie H: Hidrogeología, Hidrogeología de las cuencas de los ríos Jequetepeque (13774) y Chamán (137752) Regiones Cajamarca, La libertad y Lambayeque.*

Meijerink, A (2007), *Remote sensing applications to groundwater.* [Archivo PDF]. Recuperado de <http://www.gisandbeers.com/manual-teledeteccion-aplicado-aguas-subterraneas/>

- Mertens, D. M. (2019). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Sage publications.
- Pinilla, C. (1995). *Elementos de Teledetección*. Edit. Rama Madrid. España.
- Poveda Jaramillo, G., Salazar, J. y Carvajal, L., (1998). *Predicción Hidrológica En Colombia Mediante Analisis Espectral Singular Y Maxima Entropia*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Ramírez-Granados, P., (2013). *Determinación de la recarga acuífera potencial mediante un sistema de información geográfica para la cuenca del río Frío, Costa Rica*.
Revistas.una.ac.cr.
- Rojas Caldelas, R., Gaona Arredondo, T., Arredondo Vega, J., Peña Salmón, C., Corona Zambrano, E. y Baeza Herrera, O. (2005). *Planeación Urbana Y Regional*.
https://books.google.com.pe/books?id=CWkrE8RVM4QC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Sartajvir, S., y Rajneesh, T. (2013). “A Systematic Survey on Different Topographic Correction Techniques for Rugged Terrain Satellite Imagery”, *International Journal of Electronics & Communication Technology*, Vol.4 No. Spl-5, p.p. 14-18.
- Soenen, S.A., Peddle, D.R. y Coburn, C.A. (2005). “SCS+C: A Modified Sun-Canopy-Sensor Topographic Correction in Forested Terrain”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol.43, No.9, pp. 2148 - 2159.
- Taranik, V., Moore, K. y Sheehan, A. (1976). *Workshop exercise on groundwater exploration in South – Central Arizona using Landsat imagery*, U.S. Geological Survey

USGS (2020). Número especial abril 2020: Resumen de la Colección Landsat 2.

<https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/special-issue-april-2020-landsat-collection-2-overview>