

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA GEOLÓGICA**

“PROSPECCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS  
USANDO IMÁGENES LANDSAT Y ÁSTER, EN EL  
CASERÍO AYAVIRI, DISTRITO TUMBADEN, SAN  
PABLO, CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Geóloga**

**Autoras:**

Jhanys Tatiana Gonzales Acuña

Keiko Elizabeth Ortiz Ventura

**Asesor:**

Ing. Mg. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

<https://orcid.org/0000-0002-3676-7137>

Cajamarca - Perú

## Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>16</b>
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>17</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	17
<b>2.1. Tipo De Investigación</b>	<b>17</b>
<b>2.2. Población y Muestra</b>	<b>18</b>
<b>2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</b>	<b>18</b>
<b>2.4. Procedimiento</b>	<b>20</b>
CAPÍTULO III: RESULTADOS	63
<b>3.1. Aspectos Generales</b>	<b>63</b>

<b>3.2. Construcción del árbol de decisiones para la determinación de las áreas potenciales de recarga de aguas subterráneas</b>	<b>82</b>
<b>3.3. determinación del estrés hídrico en la zona de estudio</b>	<b>87</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>92</b>
<b>4.1. Discusión</b>	<b>92</b>
<b>4.2. Conclusiones</b>	<b>94</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Base de datos para la investigación .....	21
<b>Tabla 2</b> Parámetros del satélite landsat-8 .....	27
<b>Tabla 3</b> Bandas de Landsat-8 .....	27
<b>Tabla 4</b> Características de la imagen Aster .....	34
<b>Tabla 5</b> Conversión de nomenclatura de datos .....	39
<b>Tabla 6</b> Valores de clasificación NDWI .....	50
<b>Tabla 7</b> Valores de clasificación del NDVI.....	54
<b>Tabla 8</b> Constantes de calibración de las bandas térmicas de las imágenes Landsat-8.....	56
<b>Tabla 9</b> Formas de relieve en función al grado de pendiente.....	61
<b>Tabla 10</b> Coordenadas de la zona de estudio.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Pantalla principal de la USGS.....	30
<b>Figura 2</b> Código Path/Row .....	31
<b>Figura 3</b> Selección de imagen landsat-8.....	32
<b>Figura 4</b> Imagen landsat-8 sin tratamiento.....	33
<b>Figura 5</b> Mapa de cobertura del Perú .....	36
<b>Figura 6</b> Imagen Landsat 8 en color real.....	38
<b>Figura 7</b> Datos de la imagen Landsat-8.....	39
<b>Figura 8</b> Radiancia original de las bandas.....	41
<b>Figura 9</b> Coeficiente de las bandas.....	41
<b>Figura 10</b> Calibración a radiancia y su firma espectral .....	42
<b>Figura 11</b> Coeficiente de reflectancia .....	44
<b>Figura 12</b> Imagen Landsat 8 en color real con calibración a reflectancia TOA .....	45
<b>Figura 13</b> Metadata-coeficientes de las bandas 10 y 11.....	46
<b>Figura 14</b> Valores del NDWI.....	49
<b>Figura 15</b> Valores del NDVI.....	53
<b>Figura 16</b> Dispersograma del NDVI vs TS .....	58
<b>Figura 17</b> Distribución de los valores de la temperatura superficial .....	59
<b>Figura 18</b> Distribución de los valores de la pendiente.....	62
<b>Figura 19</b> Plano de ubicación de la zona de estudio .....	64
<b>Figura 20</b> Plano de la accesibilidad a la zona de estudio .....	66
<b>Figura 21</b> Temperatura anual de Ayaviri-Tumbaden .....	68
<b>Figura 22</b> Temperatura máxima y mínima promedio de Ayaviri-Tumbaden .....	69
<b>Figura 23</b> Precipitación mensual .....	70
<b>Figura 24</b> Precipitación promedio mensual de la lluvia.....	71
<b>Figura 25</b> Fruto silvestre propio del Caserío Ayaviri .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 26</b> Fauna de la zona de estudio.....	72
<b>Figura 27</b> Plano Geológico .....	73
<b>Figura 28</b> Depósito fluvio-glaciar.....	74
<b>Figura 29</b> Muestra de mano con textura porfírica.....	75
<b>Figura 30</b> Muestra de caliza .....	76
<b>Figura 31</b> Humedales encontrados en el área de estudio .....	79
<b>Figura 32</b> Humedal representativo de la exportación de la biomasa.....	79
<b>Figura 33</b> Lagunas encontradas en el área de estudio.....	80
<b>Figura 34</b> Pajonales presentes en el área de estudio .....	81
<b>Figura 35</b> Árbol de decisiones.....	83
<b>Figura 36</b> Mapa de la clasificación hidrológica .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 37</b> Espacio del NDVI .....	87
<b>Figura 38</b> Dispersograma del NDVI .....	88
<b>Figura 39</b> Mapa de estrés-hídrico .....	90

## RESUMEN

La teledetección ha sido utilizada como valiosa herramienta y determinante a la hora de establecer indicadores de degradación y conservación de los recursos naturales, de manera especial en evaluar dinámicas en los cambios de usos de suelos, coberturas vegetales y para el control sostenible y sustentable de agua subterránea en cualquier parte de la tierra y con aplicación de todas las ramas del conocimiento, permite el monitoreo de los cambios de acumulación de manera detallada y en tiempo real, es por ello que el presente estudio tiene como objeto identificar agua subterránea usando imágenes Landsat y Aster. La investigación es de enfoque cuantitativo-cualitativo, tipo de investigación aplicada alcance transversal y de diseño no experimental. Las técnicas utilizadas para la recolección de datos fueron la observación y el análisis espectral de los parámetros de superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor, genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información de la tierra.

A la vez se utilizará los algoritmos de árbol de decisión que permiten la resolución de problemas de mapeo cuando existen muchas fuentes de información que sirven como insumos para la clasificación de coberturas del suelo y fuentes de agua.

**PALABRAS CLAVES:** Imágenes Landast y Aster, Aguas subterráneas, multiespectral, árbol de decisiones.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- ArcGIS for Desktop. (23 de Marzo de 2016). *Comprender la pendiente*. Obtenido de Comprender la pendiente: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/understanding-slope.htm#:~:text=Pendiente%20identifica%20la%20pendiente%20descendente,a%20trav%C3%A9s%20de%20cada%20tri%C3%A1ngulo>.
- Avdan, K. y. (2017). Aplicación de sensores remotos para el análisis de cobertura vegetal y cuerpos de agua. *Idesia*, 38-4.
- Barboza Colorado, Y., & Cortez Valera, R. (2018). *ANÁLISIS MULTIESPECTRAL MEDIANTE PARAMETROSSUPERFICIALES CON LA PLATAFORMA LANDSAT 8 PARAIDENTIFICAR AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CUENCA DEL RIO MASHCONCAJAMARCA. ( TESIS)*. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, CAJAMARCA.
- Briceño, I. P. (2018). Determinación de calidad de agua con imagenes de satélite Landsat 8, sensor OLI. *Revista de teledeteccion*, 52:67-78.
- CASTANY, G. (1975). *PROSPECCIÓN Y EXLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEA*. BARCELONA: OMEGA.
- Chuvieco, E. (2002). *FUNDAMENTOS DE LA TELEDETECCION ESPACIAL*. MADRID: Ediciones Rialp.S.A.
- Cusquisiban Quispe, G. (2019). *Ubicacion de zonas de recarga Hídrica usando Imagenes Lansat 8 ,medianteel metodo del árbol de desiciones en la cuenca del rio Chamán,Cajamarca y la Libertad-Perú. ( Tesis)*. Cajamarca.
- Durán- Alarcón, C. (2015). Aplicación de imágenes satelitales en la dinámica de cuerposde agua. *Journal of South American Earth Sciences*, 19-26.
- EARTH OBSERVING SYSTEM . (12 de Octubre de 2020). *El Satélite Landsat 8: Imágenes, Descripción Y Características*. Obtenido de El Satélite Landsat 8: Imágenes, Descripción Y Características: <https://eos.com/es/landsat-8/>
- EARTH OBSERVING SYSTEM . (4 de ENERO de 2021). *NDVI*. Obtenido de NDVI : <https://eos.com/es/ndvi/>
- Earth Observing System. (4 de ENERO de 2021). *NDWI (Índice Diferencial Normalizado De Agua) Y Nivel De Humedad*. Obtenido de NDWI (Índice Diferencial Normalizado De Agua) Y Nivel De Humedad: <https://eos.com/es/ndwi/>
- Fernández, A. (2017). *CALCULO DE TEMPERATURA DE*. VALENCIA: ETS Ing. Geodésica, Cartográfica y Topográfica,.
- Folguera, A. y. (2015). Estudio de Imagenes Satelitales. *La Planicie Estructural del centro de la Provincia de Pampa*, 72-73.



- GEOCENTO earth imaging. (16 de 12 de 2015). *Satélite de imágenes LANDSAT-8*. Obtenido de Satélite de imágenes LANDSAT-8: <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-landsat-8/>
- Geta, J. L., & Azpeiti, J. M. (2009). *La geología e hidrología en la investigación de humedales*. España: Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España.
- González, C. V. (2018). *Procesamiento de Imágenes de Satélite & GIS*. Chile : Remote Sensing Geoimage SAC.
- Grajales, T. (2000). *TIPOS DE INVESTIGACION*.
- Hernández, J., & Montaner, D. (2015). *PATRONES DE RESPUESTA ESPECTRAL*. Chile: Facultad de Ciencias Forestales.
- Hernández. C, N. E. (2019). Zonas de Captacion y Almacenamiento de Agua. 20,25.
- Hernández. C, N. E. (2019). ZONAS DE CAPTACION Y DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.
- Hernandez.C, N. E. (2019). APORTE DE LAS IMAGENES SATELITALES A LA PROSPECCION SUBTERRANEA DE AGUA. *COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS*, 1.2.4.
- Juan Mendoza Nolorbe y Joel Rojas Acuña. (2013). "*CLASIFICACION DE IMAGENES ETM+ Y ASTER GDEM POR EL METODO DEL ARBOL DE DECISIONES PARA LA DETECCION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL PERÚ. CASO ESTUDIO: LAMBAYEQUE*". PERÚ.
- Mendoza, J. N., & Rojas Acuña, J. (2018). *Clasificación de imágenes ETM+ y ASTER GDEM por el método árbol de decisiones ( Tesis de Maestría)*. Universidad Mayor de San Marcos, Lima.
- Pelekais , C. (2000). *Qualitative and Quantitative Methods:Diferences and Tendencias*. España.
- Pérez, C., & Muñoz, Á. (2006). *Teledeteccion: Nociones y Aplicaciones* . España .
- Pérez, D. (2007). *Introduccion a los Sensores Remotos- Aplicaciones en Geología* . Argentina .
- Sarría, F. A. (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. España .
- Spalleti, L. Y. (2013). Características y evolución del delta del río Colorado. *Asociacion Argentina de Sedimentología.*, 23-37.
- Vasquez Peralta, C., & Gobierno Regional Cajamarca. (2011). *ANA*.
- Zarate, F. &. (2015). Tratamiento Digital de Imagenes Satelitales. *CEDAMAZ*, 5.