



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“TELEDETECCIÓN Y CALIDAD DE AGUA: una  
revisión de la literatura científica”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Ambiental**

**Autor:**

Deisy Lisset, Carrasco Vela

**Asesor:**

Mtr. Mblgo. Luis Felipe, Valdez Núñez

Cajamarca - Perú

2018

## DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza necesaria para avanzar con cada meta trazada, por su bondad y amor. A mi familia por su apoyo incondicional, especialmente a mi madre, la persona que me alienta en todo momento, quien es mi mayor motor.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por guiar mis pasos. A mi madre y hermana, quienes han estado conmigo de manera incondicional, gracias por los ánimos y la fuerza brindada.

Quiero expresar mi agradecimiento al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo PRONABEC, por otorgarme una beca para mi formación universitaria.

Y gracias a todas las personas que han contribuido con mi formación, les agradezco infinitamente por todo su apoyo y amistad

**Tabla de contenido**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>DEDICATORIA.....</b>                           | <b>2</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO.....</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>                     | <b>5</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>                               | <b>6</b>  |
| <b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>              | <b>7</b>  |
| <b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>             | <b>10</b> |
| <b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>              | <b>12</b> |
| <b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b> | <b>23</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                           | <b>27</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1:</b> Artículos incluidos en la Revisión Sistemática ..... | 13 |
|--|----|

## RESUMEN

El concepto de teledetección está cobrando importancia cada vez más en distintas partes del mundo. Una de sus aplicaciones es la calidad del agua a través de imágenes satelitales mediante un análisis multiespectral. Con una combinación de índices y ecuaciones se pueden determinar ciertos parámetros de calidad del recurso hídrico. Es por ello, que el objetivo de esta investigación teórica es describir la relación que existe entre la teledetección y los problemas de calidad de agua, por ejemplo, la eutrofización a partir de la revisión sistemática en repositorios como SciELO, Ebsco, Redalyc, Google académico, ALICIA, entre otros. Se ha tenido en cuenta los criterios de elegibilidad, búsqueda, inclusión y exclusión, considerando el idioma, el año de publicación y palabras claves. Para el presente estudio se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura, con un total de 12 publicaciones, los resultados obtenidos nos permiten identificar las aplicaciones de la teledetección en diferentes campos ambientales. El acceso a ciertas publicaciones fue una de las limitaciones, sin embargo, se concluye que la teledetección es una gran herramienta para la identificación de humedales, el estudio de calidad de agua y eutrofización sin necesidad de realizar un muestreo *in situ*.

**PALABRAS CLAVES:** Teledetección, firma espectral, eutrofización, calidad de agua.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las primeras experiencias de teledetección se remontan a 1859 cuando Gaspar Félix de Thournachon obtuvo las primeras fotografías aéreas desde un globo cautivo. (Chuvienco, 2008).

Según (Sobrino, 2000) en la década de los 70 continúa el programa Landsat, el más fructífero hasta la actualidad por sus aplicaciones, ya en la década de los 90 se pone en órbita satélites que llevan radar o sensores que trabajan en el rango espectral de las microondas como el primer satélite de recursos europeos El European Remote Sensing Satellite (ERS), que se convirtió en el primer satélite de observación.

Su aplicación de los recursos naturales se fundamenta en que los elementos de la naturaleza tienen una respuesta espectral propia que se denomina *signatura espectral*. De esta forma estudia las variaciones espectrales espaciales y temporales de las ondas electromagnéticas y pone de manifiesto las correlaciones existentes entre éstas y las características de los diferentes materiales terrestres. Entre las ventajas proporcionadas por estos sistemas destacan la cobertura global y exhaustiva, perspectiva panorámica, observación multiescala, información sobre regiones a tiempo real y registro digital de la información (Chuvienco, 2002)

Davidson (2014) menciona que existe una gran pérdida de humedales, cuerpos de aguas superficiales a lo largo del tiempo. En su estudio de 189 evaluaciones de humedales, Davidson estimó que la pérdida de humedales en el siglo XX osciló entre el 64 y el 71% y concluyó que no existe un adecuado manejo y gestión del recurso hídrico.

En el Perú existen 159 cuencas que hay que cuidar, sin embargo, la gestión del recurso hídrico es un trabajo arduo que requiere proceso y evaluación. (Ana,2017)

Los trabajos de Work y Gilmer en 1976 mostraron como las bandas espectrales de 80 m de resolución de Landsat MSS eran capaces de detectar lagunas, mediante el empleo de imágenes Landsat – 5TM, localizando las superficies de agua existentes en las cuencas de Duero, Duadiana, Júcar y Segura (Soriano,1996)

En España, la Consejería de Medio Ambiente de la junta de Andalucía desarrolló un estudio de cuerpos superficiales mediante técnicas de teledetección con imágenes Landsat – 7 teniendo como resultado la identificación de lagunas y la calidad de agua del recurso. (Vázquez, 2002)

En Turquía se realizó el estudio de humedales que permitió detectar la presencia de contaminación de agua en la reserva de la biosfera de la Mancha Húmeda, para ello se utilizó la teledetección como método de identificación y delimitación. (Ortega, 2011)

No obstante, el interés por conocer más estudios acerca de esta investigación nos lleva a enfocarnos en las desventajas que pueda tener la aplicación de la teledetección como método para determinar la calidad de agua. Tal como lo menciona la investigación “Análisis de cambio de suelo mediante Sistemas de Información Geográfica y Teledetección” una de las desventajas es que no se puede obtener información de noche.

La literatura científica ha mostrado la relación entre teledetección y calidad de agua, es por ello que el presente estudio busca responder a esta pregunta, ¿qué se conoce de las aplicaciones de la teledetección con relación a la calidad de agua en los últimos 15 años?

El objetivo de este trabajo consiste en realizar una revisión sistemática de los estudios teóricos sobre la teledetección como herramienta para determinar la calidad del agua a través

de publicaciones en revistas indexadas en la base Scielo, Redalyc, Repositorios

Universitarios a nivel nacional e internacional, entre otros con periodos diferentes de tiempo.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Las revisiones sistemáticas permiten analizar y sintetizar la información encontrada en investigaciones en cuanto a teledetección y calidad de agua, utilicé algunos portales de investigación que me permitieron extraer información respecto a este tema, teniendo en cuenta algunos criterios, por ejemplo:

### **Criterios de elegibilidad:**

Se realizó la revisión sistemática, buscando, analizando, descargando y sintetizando la información respecto a Teledetección y calidad de agua en los últimos 25 años, para poder seleccionar a los más actuales. Se ha tomado en cuenta el idioma, el año de publicación, palabras claves tales como: teledetección, agua, remote sensing, eutrofización, teledetección y eutrofización, teledetección y calidad de agua o quality parameters.

### **Criterios de búsqueda:**

La información para imágenes de satélites se encuentra en inglés y español, se utilizó la base de datos de Ebsco, SciELO, ALICIA - CONCYTEC, Google Académico, el Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Repositorio de la Universidad Complutense Madrid, Asociación Española de Teledetección | AET, REDALYC, DOAJ, Dialnet. International Journal of Environmental Research and Public Health, TESEO entre otros

### **Criterios de inclusión y exclusión:**

Se incluyeron artículos originales publicados en bases de datos científicas indexadas en idioma español e inglés de manera oficial. Por otro lado, las diferentes metodologías para determinar la calidad de los recursos a través de la teledetección encontradas pueden

resumirse en estos grupos: Uso de software libre QGIS, ArcGIS, ENVI, todos ellos para el procesamiento de las imágenes satelitales. De esta manera sirvió para excluir algunas investigaciones que se alejaban del objetivo a pesar de sus similitudes. Y se incluyó a aquellas investigaciones que tenían el mismo uso del software y similar metodología.

En la literatura científica se ha hecho uso de palabras claves para filtrar la información y organizarla en una matriz de Excel o cuadro que contiene los siguientes campos: Fuente, diseño metodológico, país, breve resumen, todo esto mostrado posteriormente en la Tabla de Resultados.

En el proceso de revisión, todas las publicaciones han sido analizadas y fueron seleccionados 12 estudios, se excluyeron los estudios que mencionaban la evaluación de agua de mar, porque solo se está tomando en cuenta cuerpos superficiales, del mismo modo, existen estudios similares que apuntan a calidad de agua con análisis de imágenes multiespectrales de diferentes satélites, es por ello que se realizó la inclusión de dichos estudios.

Finalmente se obtuvo la siguiente tabla que describe los artículos seleccionados de la revisión sistemática.

### **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

Se encontraron 12 estudios que cumplen con los estándares de inclusión indicados en la base SciELO. Los periodos de publicación son diferentes, así como los lugares donde se realizaron las investigaciones, sin embargo, presentan un mismo objetivo que es describir con resultados que la teledetección es una herramienta muy útil al momento que uno decide investigar la relación con los recursos naturales, en este caso con calidad de agua.

Se puede observar las diferentes actualizaciones del software y algunos plugins añadidos para mejorar cada versión, además se determinó las descargas de más de 100 artículos y tesis en diferentes portales ya mencionados en la metodología. De ellos se agrupó los que tenían similar contenido, para extraer por inclusión y excluyo solo 10 o 15 estudios para la revisión sistemática. En la siguiente tabla se describe los artículos seleccionados para la revisión sistemática con los autores, el portal de descarga o buscador y un breve resumen para conocer sobre el tema. Ejemplo, formato de figura (estilo APA):

**Tabla 1:** *Artículos incluidos en la Revisión Sistemática*

| Fuente                               | Buscador | Diseño Metodológico     | País      | Breve Resumen  |
|--------------------------------------|----------|-------------------------|-----------|--|
| Ledesma, C., &<br>Delgado, A. (2013) | SciELO   | Cuasi -<br>Experimental | Argentina | <p>Se construyó modelos de respuestas estimadas en relación a los valores de clorofila – a, profundidad de disco de Secchi correlacionadas con las variables espectrales derivadas de la Banda 1, B2, B3 y B4. En el presente estudio utilizaron los principios de la teledetección para el satélite Landsat 5TM, además de análisis físicos – químicos. De esta manera caracterizaron y comprobaron las características del agua en el embalse Río Tercero, obteniendo como resultado que este embalse corresponde a agua dulce, muy buena para el riego, más no para consumo humano.</p> |

Briceño, I. Pérez, W.      Asociación  
 San Miguel, D. Ramos,      Española de      Cuasi -  
 S. (2018)      Teledetección      Experimental      Chile

- Los factores que indican la contaminación de un cuerpo de agua según este estudio son los altos valores de clorofila-a, transparencia del disco de Secchi, turbidez, sólidos en suspensión y material orgánico disuelto. La teledetección es una herramienta que ayudó a los investigadores a estudiar la distribución espacial y dinámica de los parámetros ya mencionados y así indicar el estado trófico que le corresponde al lago Vichuquén. Finalmente, se obtuvo como resultado que este cuerpo de agua se encuentra en estado eutrófico y que su aumento depende del uso del suelo y las actividades de las que se rodea, tales como, plantaciones forestales de pino y eucalipto, actividades agrícolas y ganaderas y la acción del hombre.

Torbick, N., & Corbiere,  
M. (2015)

International  
Journal of  
Environmental  
Research and  
Public Health

Cuasi- Experimental    USA

Ortega, M. (2011)

Repositorio de  
la Universidad  
Complutense  
Madrid

Cuasi- Experimental    España

- Lake Champlain contains bays subjected to algal blooms that are dangerous to people's health. Landsat 8 OLI, Proba CHRIS and RapidEye images served as monitoring tools to measure the quality of this water through data on chlorophyll-a and phycocyanin concentrations with the help of empirical band relationship regression models. This study also helped to take care of public health, and the entire process of gathering information through remote sensing was free.

- Se estudió la contaminación hídrica, mostrando la utilidad de las técnicas de teledetección y de los Sistemas de Información Geográfica en la gestión de los humedales de la Reserva

Biosfera de la Mancha Húmeda. Se estudió la eutrofización del agua, a fin de mejorar la calidad de los humedales protegidos.

- The doctoral thesis shows us a summary of works on remote sensing to estimate water quality variables such as chlorophyll-a concentration, of total suspended particles of water transparency (Secchi disk). Landsat Thematic Mapper <sup>TM</sup> information is collected to estimate the trophic status of the lakes (Albufera de Valencia and the lakes and ponds of the southeast Regional Park of Madrid). Se obtuvieron ecuaciones empíricas para estimarlos resultados fueron: 40 mg / m<sup>3</sup> para la concentración de clorofila (porcentaje de diferencia absoluta media MADP = 22%), 10 mg / l para la concentración total de

Monzó, C. (2017)      RODERIC      Cuasi - Experimental      España

partículas suspendidas (MADP = 15%) y 0,10 m para SD (MADP = 40%) aceptables para la calidad de agua.

- En este estudio se utilizó imágenes satelitales Landsat y MODIS en la Cuenca del Río Santa, para identificar y delimitar humedales en función del NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada).

Como resultado se determinó que la aplicación de la teledetección ayuda a caracterizar y monitorear humedales o espacios con presencia de agua que demuestren la cantidad, calidad y temporalidad en la que se encuentran, de esta manera conservar el recurso en la cabecera de cuenca y la provisión de sus servicios ecosistémicos.

Garcia, E., & Otto, M.  
(2015)

Redalyc

Cuasi-  
Experimental

Perú

Polvorinos, A., Asociación Cuasi - Sevilla  
 Hernández, M. & Española de Experimental  
 Forteza, M. (2001) Teledetección |  
 AET

- En el presente estudio se utilizó las imágenes de satélite Landsat5, y así se estimó los parámetros relativos a la calidad del agua en el pantano y laguna de Gergal en Sevilla. Además, recopilaron las informaciones espectrales de las bandas TM1 y TM2 a través de diferentes combinaciones para mejorar la estructura de los modelos realizados, de esta manera conocer el comportamiento espectral del recurso hídrico en la época prospectada.

Quintana, C., Saavedra,  
 M., & Barrera, J. (2012). ScieLO Cuasi - Experimental Chile

- En este trabajo de investigación se clasificaron imágenes multiespectrales mediante técnicas de teledetección para determinar los niveles de turbidez de la Laguna Grande de San Pedro en Chile. Como resultados del proceso de segmentación, clasificación, y caracterización de la cubierta de agua se obtuvieron mapas de turbidez asociando el 86% del agua con

un nivel de turbidez de 1.0 y 1.7 NTU. Las imágenes utilizadas para este trabajo fueron las SPOT5.

- Este estudio presentó una aproximación sobre el estado ambiental de la laguna de Bustillos, Chihuahua en México. Se utilizó técnicas de teledetección para determinar el valor de ciertos parámetros de calidad de agua tales como: Temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), índice del Estado Trófico de Clorofila, Concentración de Clorofila y Turbidez. Las ecuaciones y el posterior cálculo se realizaron sobre 2 imágenes satelitales Landsat8 del año 2014 concluyendo así que la laguna presenta un nivel aceptable en cuanto a calidad del recurso.

Martínez, E., Barraza,  
A., & González, M.  
(2015).

Buscador  
SELPER

Cuasi  
Experimental

-  
México

Monsonis, M. (2017)      Repositorio      Cuasi  
UPCT      Experimental      Colombia

- Mediante teledetección se evaluó y monitoreó el contenido de clorofila a en el recurso hídrico para así establecer un sistema de vigilancia ambiental. Las imágenes satelitales ayudaron a caracterizar la zona de estudio y el análisis de las bandas para determinar los parámetros de calidad de agua sin necesidad de ir a campo para realizar un análisis *in situ*. Se obtuvo como resultados que la calidad del agua está empeorando progresivamente y que existe un aumento de la presencia de organismos fotosintéticos.

Tundisi, J. (2007)      Cuasi-  
Experimental      Brasil

- Evaluation and assessment of freshwater quality of lakes, rivers and reservoirs is a complex technical operation. These assessments at present need to be done at local, regional and global levels (McCarthy et al., 2001). Since aquatic ecosystems

worldwide are under anthropogenic stress, limnological studies are necessary for evaluation of these stresses and to develop tools to convert speedily scientific information into effective management decisions (Goldman, 2003).

From the perspective of the limnological functioning of lakes and reservoirs the effect of climate has been recognized in several sources and studies (Talling, 1966; Goldman, 2000a,b; Goldman and Amezaga, 1984; Tundisi et al., 2004).

- Mediante la teledetección se evaluó la contaminación del humedal El Cascajo - Santa Rosa, en el Distrito de Chancay. Para ello se determinaron los parámetros fisicoquímicos y el uso de la técnica de percepción remota. Las imágenes satelitales utilizadas fueron Landsat de los años 2005, 2011 y

Loayza, K.,  
Castillejos, K.,  
Mestas, R., & Quiliche, J.  
P. J. (2018)

ALICIA-  
CONCYTEC

Cuasi- Experimental

Perú

2015, y a partir de una serie de combinaciones de los espectros e índices se obtuvieron que el cuerpo de agua se encuentra en un estado de eutrofización debido a la influencia del hombre, el pastoreo por parte de los pobladores de la zona y algunos vertimientos.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La teledetección cumple un rol fundamental en la determinación y análisis de la calidad de agua de cuerpos superficiales, desde lagunas con bajos índices de contaminación hasta lagunas totalmente eutrofizadas. El objetivo de esta investigación fue determinar la relación que existe entre la detección remota y la calidad de agua, los estudios analizados me han permitido comprender ciertos índices que se utilizan para el análisis de este recurso, los cuales comprenden un rango de 0 a 1.

Entre el análisis de los estudios, la principal limitación está evidenciada en la mala evaluación de la exposición, pues existen algunos estudios que consideran variables cualitativas asociadas indirectamente a la exposición estudiada (origen del agua, contaminante, etc.) en lugar de realizar una evaluación cuantitativa de la exposición con datos sobre concentraciones ambientales o individuales de exposición.

Otra limitación es que no se tienen en cuenta las especificaciones en la recolección de información, como se mencionó anteriormente las horas óptimas para evaluar y recolectar imágenes satelitales o tomas fotográficas es en el día, ya que la noche no tiene relación con el sol.

La información que generan los satélites según el estudio de SIG y Teledetección es de la energía reflejada por los diversos elementos de la superficie (masas de agua, cubierta vegetal, etc.) esto acorde a la fuente de energía que es reflejada en la superficie terrestre (Torres Perdígón, 2007)

Según el estudio realizado por Martínez, E., Barraza, A., & González, M. (2015) en su investigación titulada “Estimación de parámetros relativos a la calidad del agua mediante percepción remota en la laguna de Bustillos, Chihuahua, México” describen unas

ecuaciones fundamentales para quienes van a estudiar la calidad de agua, pues los parámetros que se obtiene como resultado son los que uno puede obtener en campo, sin embargo, con la técnica de la teledetección no hay necesidad de realizar un análisis *in situ*.

En la evaluación realizada por (Mena Aspiazu & Wong Coronel, 20011) se mencionó que el agua posee excelentes propiedades en cuanto a transmisión de la radiación electromagnética en el espectro visible y de absorción en el infrarrojo. La pureza del agua influye en la respuesta espectral, es por ello, que se recomienda realizar gráficos que nos permitan observar el comportamiento del recurso hídrico en cuanto a su área. Además, cuando el agua presenta turbidez, estas dependerán del tipo de partícula en suspensión. Al tratarse de fitoplancton las coloraciones verdes se alteran mientras que el color azul disminuye.

De la revisión sistemática se menciona que, para la teledetección existen diversos métodos de corrección atmosférica se realiza a nivel teórico animando al alumno a que profundice en este, aunque ellos hubieran preferido el uso de una corrección atmosférica de libre uso. En futuros cursos se utilizará la corrección atmosférica ACOLITE desarrollada por la NASA para imágenes del satélite Landsat 8 y Sentinel 2 para zonas de agua.

Según Gómez, J (2017) en su estudio “Investigar aprendiendo: Calidad de Agua mediante Teledetección”, menciona que el conocimiento del comportamiento del espectro continuo y su transformación a las bandas del sensor OLI permite al alumno adquirir la habilidad de transformar información de todo el rango espectral en unas pocas bandas. Así como hasta qué profundidad llega la energía en cada banda. Esto les permite razonar la dificultad de encontrar algoritmos según las bandas del sensor multiespectral utilizado. Un

ejemplo sencillo de entender la razón por la cual la concentración de sólidos en suspensión es fácil de detectar mediante los sensores Landsat, es que en la banda del infrarrojo cercano no hay otro elemento que interacciona con la energía.

La diversidad de algoritmos existentes explica la variedad en la diversidad de tipos de masas de agua; sin embargo, hay variables cuyos errores son mínimos, aunque se cambie el algoritmo, siempre que las masas de agua se encuentren en el mismo rango del valor de la variable. Estas variables son la concentración de sólidos en suspensión y la transparencia medida mediante el disco de Secchi, debido a que estas variables utilizan bandas espectrales cuya profundidad coincide con la profundidad en la cual se toma la muestra de campo

Según la revisión bibliográfica las imágenes Landsat 8 son descargadas de la web del USGS. El tratamiento de las imágenes se realiza mediante el software libre SNAP desarrollado por la ESA y de gran utilidad para la formación de profesionales.

El tema de la corrección atmosférica es abordado desde dos aspectos muy diferentes: teórico y práctico. Se estudia los principales métodos de corrección atmosférica utilizados en las imágenes de los satélites Landsat para masas de agua: Corrección de Gilabert (Gilabert, et al., 1994), QUAC, FLAASH y ATCOR.

Se realiza un análisis de diversos algoritmos los cuales son aplicados a las imágenes de agua obtenidas por los alumnos mediante el análisis del histograma de la banda del infrarrojo cercano (Peña y Serrano 1992).

Además, se estudian nuevos algoritmos desarrollados con los datos de campo y evalúa cuales son los que van a utilizar para realizar la cartografía temática, la cual permite obtener el estado trófico mediante la determinación de la media de las diversas variables

en toda la masa de agua de los embalses el año 2015. Los datos obtenidos mediante teledetección se comparan con los datos proporcionados por la Confederación del Ebro durante el mismo periodo. Y finalmente plantea en la localización de masas de aguas con vertidos de aceites a partir de imágenes multispectrales. Gómez, J (2017)

## Conclusiones

La revisión de la literatura científica realizada nos ubica también en un contexto de diversidad de tendencias enfocados a SIG y teledetección que pueden seguir investigándose con el tiempo, de la revisión sistemática se descargó más de 150 archivos, pero solo se seleccionaron 12, los cuales nos brindan información más clara enfocada en Teledetección y Calidad de Agua.

Existe una infinidad de maneras para aprovechar las técnicas de la percepción remota así también como su aplicación en los recursos naturales, el presente estudio nos ayudó a determinar en función de calidad de agua la metodología, combinaciones de bandas, índices y ecuaciones relacionadas para la obtención de resultados eficientes sin necesidad de un muestreo *in situ*.

## REFERENCIAS

- Bonansea, M.; Ledesma, C.; Rodriguez. C.; Delgado (2012). Concentración de clorofila en embalses, Argentina. Revista Ambiente & Água, v. 7, n. 3, p. 1-11, 2012. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rca/v44n3/a02v44n3.pdf>
- Jiménez, E., Aspiazu, M., Wong CoroneL, Pedro (2011) Diagnóstico de la cobertura vegetal de la cuenca hidrográfica del río california – Valdivia.
- Sobrino, J. A., Oliosó, A., J. Y DEMPÈRE, L. (2000). Teledetección. Sobrino, J. A. (Ed.), Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia (ISBN 84- 370- 4220- 8), Valencia (España), pp. 467
- Chuvieco, E. (2002) Fundamentos de Teledetección Espacial, Madrid, España, 453 pag.. Recuperado de <http://search.proquest.com/openview/fa0851b2def4bc35d8ac1287bd08d7d0/1?q-origsite=gscholar&cbl=1818083>
- Davidson, N. C. (2014). How much wetland has the world lost Long-term and recent trends in global wetland area? Marine and Freshwater Research, 65(10), 934–941. Recuperado <http://dx.doi.org/10.1071/MF14173>
- Soriano, J., Fernández, F., García, E., Allende, F. & García, M. A. (1996). Utilización conjunta de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la detección de superficies de agua en la cuenca del Guadiana. Ingeniería Civil, 104, pp. 5-11.

- Vásquez G. (2002). Calidad de las aguas naturales en relación con el régimen de caudal ambiental. Caudal ambiental. Conceptos, experiencias y desafíos. Primera Edición. Programa Editorial Universidad del Valle: 137-166. Cali, Colombia. 2009. Recuperado de:  
<http://www.famaf.unc.edu.ar/wp-content/uploads/2016/02/7-Gulich-Edrosa-1.pdf>
- Ledesma, Claudia, Bonansea, Matías, Rodríguez, Claudia, & Delgado, Ángel R. Sánchez. (2013). Calidad del agua en el embalse Río Tercero (Argentina) utilizando sistemas de información geográfica y modelos lineales de regresión. *Revista Ambiente & Agua*, 8(2), 67-76.  
<https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1113>
- Rojas Vuscovich, J. L., Tavares Rocha, Y. 2011. Implementación de prácticas públicas y privadas relacionadas al ordenamiento territorial a través de la determinación de unidades de paisaje en la cuenca hidrográfica del Lago Vichuquén, Chile. *Revista Geográfica de América Central*, 2, 1-22. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451744820762>
- Briceño, I.\*1,2, Pérez, W.1,2, San Miguel, D.4, Ramos, S.3 *JEnviron. Res. Public Health* **2015** , 12 (9), 11560-11578;<https://doi.org/10.3390/ijerph120911560>
- Pérez Ortega, María (2011) *Aplicaciones de la teledetección y SIG en la caracterización de humedales en la reserva de la biosfera de La Mancha húmeda*. 2017
- Garcia, E., & Otto, M. (201). Caracterización Ecohidrológica de Humedales Alto Andinos usando Imágenes de Satélite Multitemporales en la Cabecera de Cuenca del Río Santa, Ancash, Perú. *Ecología Aplicada*, 14 (2), 115-125.



- Polvorinos, A. J.; Hernández, M. J.; Forteza, M. *Estimación de parámetros hidricos en el pantano de Gergal (Sevilla) mediante teledetección*
- Quintana-Sotomayor, Carlos, Lillo-Saavedra, Mario, Gonzalo-Martín, Consuelo, & Barrera-Berrocal, Juan Alberto. (2012). Metodología para estimación de la turbidez de un lago mediante la clasificación orientada a objetos de imágenes multiespectrales. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(4), 143-150.  
  
Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222012000400009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000400009&lng=es&tlng=es).
- Amado Álvarez, J., & Pérez Cutillas, P., & Ramírez Valle, O., & Alarcón Cabañero, J. (2016). Análisis de la calidad del agua en las lagunas de Bustillos y de los mexicanos (Chihuahua, México). *Papeles de Geografía*, (62), 107-118.
- Martínez, E., Barraza, A., & González, M. (2015). Estimación de parámetros relativos a la calidad del agua mediante percepción remota en la laguna de Bustillos, Chihuahua, México.
- Tundisi, JG, Matsumura-Tundisi, T, & Abe, DS. (2007). Climate monitoring before and during limnological studies: a needed integration. *Brazilian Journal of Biology*, 67(4), 795-796. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000400034>
- Loayza Basan, K., Castillejos Paniagua, K., Mestas Valero, R., & Quiliche Duran, J. P. J. (2018). *Estudio de la Teledetección y Caracterización Físicoquímica del Humedal “El Cascajo”, Santa Rosa, Chancay- Lima, Perú.*
- Ritchie, Jerry & Zimba, Paul & H Everitt, James. (2003). Remote Sensing Techniques to Assess Water Quality. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 69. 10.14358/PERS.69.6.695.