

REVISIÓN DE TEMA PARA EL ANÁLISIS DE AFECTACIÓN DE LOS
HUMEDALES, MEDIANTE HERRAMIENTAS DE TELEDETECCIÓN EN LOS
ÚLTIMOS 10 AÑOS

CARLOS ANDRES LOPEZ OCAMPO

UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES

INGENIERÍA AMBIENTAL

MANIZALES - CALDAS

2016

REVISIÓN DE TEMA PARA EL ANÁLISIS DE AFECTACIÓN DE LOS
HUMEDALES, MEDIANTE HERRAMIENTAS DE TELEDETECCIÓN EN LOS
ÚLTIMOS 10 AÑOS

CARLOS ANDRES LOPEZ OCAMPO

TUTOR:

GLORIA YANETH FLOREZ YEPES

UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES

INGENIERÍA AMBIENTAL

MANIZALES – CALDAS

2016

R e s u m e n

El siguiente texto analiza las formas de abordaje de la afectación de los Humedales a través de herramientas de teledetección. Para esto, se define qué es un humedal, cuáles son sus causas de afectación, por qué es importante y cuál es su función en la naturaleza. Como conclusiones, el lector encontrará que el estudio de imágenes satelitales monitorea los humedales en todas sus esferas, entrega resultados verídicos de gran confiabilidad e “identifica” formas de mitigación y de difusión.

Palabras clave: Humedales, teledetección, cambios, ecosistemas, políticas.

A b s t r a c t

The following discusses ways of addressing the involvement of Wetlands through remote sensing tools. For this purpose, it defines what a wetland is, what causes affectation, why it is important and what their function in nature is. In conclusion, the reader will find that studying satellite images monitors wetlands in all areas, delivers highly reliable results truthful and "identifies" forms of mitigation and dissemination.

Key W ords: Wetlands, Remote Sensing, Changes, Ecosystems, Policies.

Contenido

Tabla de figuras	5
Introducción	6
2. Objetivos.....	8
2.1. Objetivo General	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. Metodología general.....	9
3.1. Fase inicial	9
3.2. Fase de abstracción	9
3.3. Fase de interpretación	9
3.4. Fase de análisis y argumentación	10
3.5. Tipo de investigación	10
3.6. Diseño metodológico	10
3.6.1. Acercamiento teórico, conceptual y metodológico	10
3.6.2. Definición de técnicas e instrumentos	11
CAPITULO I	
4. Identificación de la afectación ecosistémica de los humedales altoandinos.....	13
5. Vulnerabilidad de los humedales frente al cambio climático	17
6. Beneficios de los humedales y su degradación por causas antrópicas	21
7. Integración por parte de la sociedad a los humedales	24
CAPITULO II	
8. Herramientas de teledetección y casos de estudio en humedales	26
8.1 Utilización de imágenes para el análisis de humedales	29
9. Casos de estudios multitemporales de humedales	34
Conclusiones.....	51

Tabla de figuras

Figura 1. Mapa conceptual de proyecto 12

Introducción

El análisis de afectación de los humedales, gracias a las imágenes satelitales, ayuda a comprender más a fondo los cambios que se presentan. También las causas del porqué se está degradando o perdiendo, qué actividades están originando esto, quiénes son los causantes y cómo parar la degradación o pérdida en el país.

Es necesario entender la importancia de los humedales tanto desde el punto ecológico como social pues son excelentes reguladores del clima, capturan el carbono en la biosfera, purifican el agua y reducen las concentraciones de nitratos en más de un 80%, además de sólidos suspendidos y demanda biológica de oxígeno (DBO), entre otros. Fuera de esto son mitigadores del cambio climático, ya que debido al incremento de las lluvias y al aumento del nivel del mar darán como resultado la erosión de las costas y sus hábitats; de allí que los manglares y llanuras de inundación pueden jugar un papel crucial como amortiguadores físicos de los impactos del cambio climático.

Vale la pena tener en cuenta que los humedales fuera de todo lo anterior, proporcionan importantes beneficios estéticos, educacionales, culturales y espirituales, así como una amplia gama de oportunidades para la recreación y el turismo. Por ejemplo, los humedales continentales y costeros influyen en forma significativa en la naturaleza del ciclo hidrológico y, por lo tanto, en el abastecimiento de agua para consumo y otros usos tales como el riego, energía y transporte. Sin embargo, las inundaciones constituyen un fenómeno natural importante para mantener el funcionamiento ecológico de los humedales,

y particularmente para mantener en funcionamiento muchos de los servicios que proveen los humedales a millones de personas, especialmente a los que dependen directamente de las llanuras de inundación utilizadas para la agricultura, el pastoreo y la producción pesquera (LOS ECOSISTEMAS Y EL BIENESTAR HUMANO: HUMEDALES Y AGUA, 2005). Debido a esto los humedales tiene la tarea de disminuir la naturaleza destructiva de estas inundaciones, y por lo tanto la pérdida de humedales aumenta los riesgos de inundaciones.

De esta forma se analizará en el estudio cómo a través de las imágenes satelitales de estos humedales se puede tener un amplio monitoreo de las zonas de estudio, impidiendo así que las actividades antropogénicas sigan degradando y perdiendo los humedales. Además, se podrá contar con amplia información acerca de los beneficios de los humedales teniendo en cuenta que las herramientas de Teledetección y SIG han de ayudar a tener una visión clara de estos ecosistemas en tiempos más cortos sin la necesidad de ir hasta el sitio. Fuera de esto se tendrá la capacidad de conocer la extensión total de un humedal, especies presentes en el humedal y la interacción de estas especies con el crecimiento o degradación de dicho humedal.

2. O b j e t i v o s

2.1. O b j e t i v o G e n e r a l

Realizar un análisis documental de las formas de abordaje de la afectación de los humedales a través de herramientas de teledetección.

2.2. O b j e t i v o s e s p e c í f i c o s

1. Documentar cómo se ha realizado la identificación de la afectación ecosistémica de los humedales altoandinos.
2. Analizar las caracterizaciones de coberturas vegetales a partir de teledetección.

3. Metodología general

3.1. Fase inicial

Se definió el problema, se establecieron objetivos de estudio y se realizó un mapa conceptual demostrando la taxonomía del tema. Además, se determinaron las palabras clave y los criterios de selección del material a revisar.

3.2. Fase de abstracción

Se consultó la bibliografía y se recopiló lo más importante según los siguientes criterios:

- Mínimo 40 fuentes técnico-científicas reconocidas de los últimos cinco años y al menos diez en segunda lengua.
- Las bases de datos son: *Ambientalex*, *Info*, *Proquest*, *E-brary*, *E-libro*, *Redalyc*, *Scielo*. Además se podrá utilizar el buscador *Google Académico*.

3.3. Fase de interpretación

Se realizó la interpretación de los textos con una comprensión y apropiación conceptual por parte del investigador que se evidenció en un resumen que se plasmará en la ficha y en el documento final.

3.4. Fase de análisis y argumentación

Primero se comparó la información entre las fuentes, posiciones académicas y científicas de los autores, avances científicos y metodológicos, vacíos conceptuales, oportunidades de investigación y resultados novedosos. Después, se plasmaron las reflexiones y conclusiones desde una perspectiva crítica y propositiva que evidenció el punto de vista desde la Ingeniería Ambiental.

3.5. Tipo de investigación

La investigación es descriptiva de corte documental. Según Franklin (1997), en esta técnica “se deben seleccionar y analizar aquellos escritos que contienen datos de interés relacionados con el estudio...” (p. 25)

3.6. Diseño metodológico

La investigación se desarrolló teniendo en cuenta los siguientes momentos:

3.6.1. Acercamiento teórico, conceptual y metodológico

Se realizó un rastreo en fuentes de información secundaria que permitiera generar conocimiento sobre el objeto de estudio planteado.

3.6.2. Definición de técnicas e instrumentos

A partir del tipo de investigación propuesta se trabajó como técnica la revisión bibliográfica y documental para la cual se estableció como instrumento de recolección de información la ficha bibliográfica y la ficha documental, el cual en el siguiente documento se observará un desarrollo de este tipo de investigación, donde se abordarán los temas anteriormente propuestos.

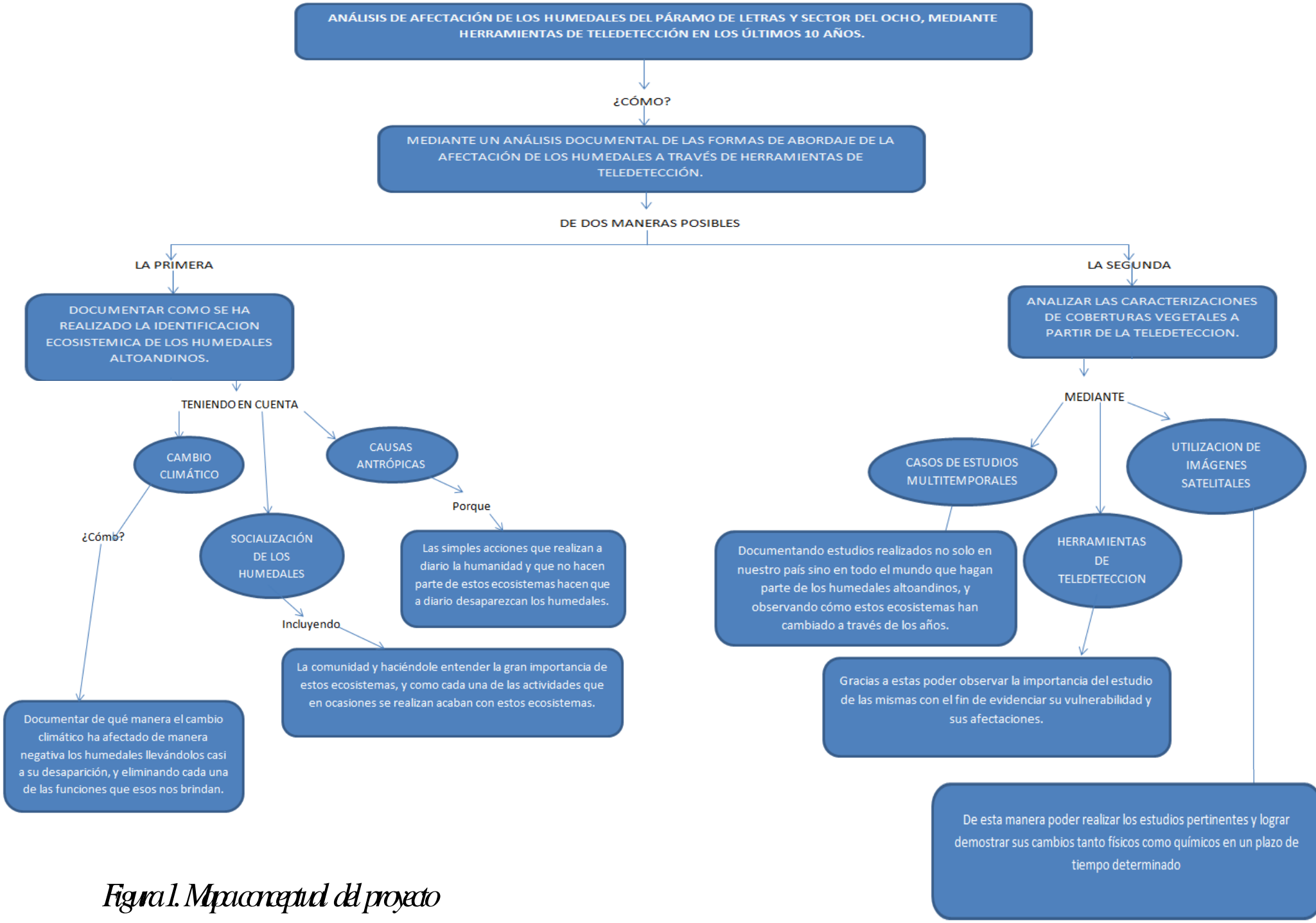


Figura 1. Mapa conceptual del proyecto

CAPITULO I

4. Identificación de la afectación ecosistémica de los humedales altoandinos

Para la conservación de los humedales es necesario tener que éstos se entiende como las “extensiones de marismas, pantanos, turberas, o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces salabres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina que no excede los 6 metros de profundidad en marea baja” (Ministerios de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2015, parr. 3). Entre las principales funciones de los humedales se encuentra el almacenamiento de agua, estabilización de costas y control de la erosión, recarga y descarga de acuíferos, contención contra tormentas y mitigación de crecidas, retención de sedimentos, retención de nutrientes, retención de contaminantes y estabilización de condiciones climáticas (lluvia y temperatura).

Aparte de todo esto, contribuyen al ambiente pues pueden explotarse como centros de recreación y de turismo o hábitat de vida silvestre. Entre los tipos de humedales se encuentran los humedales marinos, presentes en costas, humedales estuarinos como manglares, deltas y marismos de marea y los humedales laustres asociados a los lagos rivereños adyacentes a ríos y arroyos. Por último los humedales palustres que son las marismas, pantanos y ciénagas. De otro lado también existen los humedales artificiales como los estanques de granjas, estanques de cría de peces y camarones, depresiones inundadas salinas, embalses, estanques de grava, pilates de agua residuales y canales (CONSERVACION DE HUMEDALES ALTOANDINOS – DEPARTAMENTO DE CALDAS).

Ya sabiendo qué son los humedales y qué tipos existen, ahora es posible entender qué ha pasado con ellos. Por ejemplo, han sufrido el mal manejo, planificación y ordenamiento inadecuado y, lo más importante, desconocimiento teórico.



Imagen 1. Humedal Altoandino, Tomado de Conservación de humedales Altoandinos, PANGEA, 2007.

Ahora bien, con el fin de adoptar herramientas para luchar contra la afectación de los humedales, Colombia sigue varias estrategias. Algunas Ongs que han trabajado con base en los lineamientos de la convención RAMSAR como por ejemplo Fundación Cerro Bravo, Fundación PANGEA, entre otras, que buscan “conservar y usar de manera racional los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales, con el apoyo de la cooperación internacional para el logro de un desarrollo sostenible” (W W F, s.f, p. 25).

Por otra parte, dentro de la clasificación de los humedales en el departamento de Caldas se identifican siete tipos de humedales, entre ellos se encuentran:

- El Complejo de Humedales Río Claro, presente en la jurisdicción del municipio de Villamaría entre los 3600 y 4000 mts, en zona limítrofe con el Parque Nacional Natural de los Nevados (PNNN).
- El Complejo de Humedales de Río Molinos ubicado en la jurisdicción de la vereda Playa larga del municipio de Villamaría, microcuenca de la quebrada Molinos.
- El complejo de Humedales Río Chinchiná, ubicado en las haciendas La Esperanza, La Virginia, Santa Teresa, El Bosque, el Nueve y La Favorita, en jurisdicción de los municipios de Manizales y Villamaría; se ubican entre los 300 y 3500 mts.
- Complejo de Humedales Quebrada Romerales.
- Complejo de Humedales Río Perrillo.
- Complejo de Humedales Río Guacaica, localizado en el municipio de Neira, por la parte alta del río Guacaica y parte alta del municipio de Marulanda.
- Complejo de Humedales Río Arma, comprende las veredas La Brigada, El Laurel, municipio de Salamina, y El Salado, también allí, entre los 3500 y 4000 mts.
- Complejo de Humedales Río Guarinó se ubica en el municipio de Marulanda, veredas el Páramo, La Sonora, El Jardín, Mollejones, Cabras y El Vergel.

Vale la pena señalar que el documento que aquí se enuncia como la guía para tratar los humedales, hace referencia a la realización de un estudio de los problemas críticos, problemas indiferentes y problemas activos en cada uno de los complejos, aparte de cada

una de las actividades presentes en el área, teniendo en cuenta también la descripción de las categorías y usos del suelo. (PANG EA . 2010)¹

¹ Los documentos de PANG EA aquí citados, corresponden a varios textos publicados durante el año pese a evidenciar la misma autoría. Por tanto, son todos diferentes.

5. Vulnerabilidad de los humedales frente al cambio climático

La forma como el cambio climático ha afectado los humedales, teniendo presente el efecto invernadero que ha causado el hombre, amenaza y causa actualmente la pérdida de los ecosistemas, especies, servicios ecosistémicos, y con ellos la alteración de la viabilidad social y el bienestar humano. Este fenómeno forma parte de los otros determinantes del cambio global ambiental.



Imagen 2. Salar de Tara, Chile. Tomado de Humedales Altoandinos.

Por eso, un estudio de vulnerabilidad frente al cambio climático se realiza con el fin de medir cómo el ecosistema o humedal objeto de estudio se encuentra y en qué grado puede resistir un cambio abrupto del clima según sus componentes ecológicos, físicos y químicos hasta el punto de lograr que se adapten a las nuevas circunstancias del ambiente, pero en muchas ocasiones, cambiando sus composiciones y su forma, por eso es importante tenerlos bajo estricta observación puesto que estos humedales, por ejemplo, dependen de la lluvia horizontal para el mantenimiento de la humedad, además de la ubicación de los cinturones de condensación determinados por las nieblas que condicionan las especies (Franco, Delgado, Andrade, Hernández & Valderrama, 2011).

En los humedales altoandinos el cambio en la temperatura atmosférica puede hacer que existan variaciones en el oxígeno soluble en la columna de agua, haciendo que haya una liberación de fósforo fijado al sedimento, aumentando con ello los síntomas de la eutrofización. Fuera de eso se manifiesta una degradación en la disminución de la cantidad del agua, enriquecimiento por fósforo, baja capacidad de aireación e invasión de flora exótica, condiciones propicias para la vulnerabilidad de los humedales altoandinos frente al cambio climático. (Franco, Delgado, Andrade, Hernández & Valderrama, 2011)

Los lagos, las lagunas, pantanos y turberas son ecosistemas de enorme importancia estratégicos, su valor ecológico, económico, social y cultural debe ser tenido en cuenta para el diseño y ejecución de políticas de desarrollo de los países en que se encuentran. Además de fuentes de agua, los humedales altoandinos tienen una diversidad biológica y singular: muchas de las especies de plantas y animales que los habitan, no se encuentran en ningún otro lugar.

Según la convención RAMSAR (2015) son ecosistemas de gran fragilidad asociada a causas naturales como el cambio climático, intervención humana, las sequías prolongada. Muchos humedales de montaña se están perdiendo de manera acelerada, sobre todo por mal manejo y desconocimiento de su importancia económica y ecológica.

Cuando se habla de un estudio de vulnerabilidad, es de vital importancia entender que los servicios de los humedales no son ilimitados, y de otro lado, son de fácil degradación de estos mismos, por su desconocimiento y su importancia para nosotros mismos. Aparte de

presencia de agua los humedales poseen una gran variedad de especies de fauna y flora, por lo que pueden encontrarse totorales o juncales, formaciones herbáceas densas asociadas a suelos sólidos conocidos como vegas, alfómbrales, y demás formaciones de bambú de montaña llamadas chuscas. De allí es posible encontrar las bioregiones las cuales son aquellas donde se identifican humedales, como lo son páramos, Jalca o Puna. (Fundación Humedales, 2010)

De allí la necesidad de conocer la importancia de identificar los tipos de humedales tales como las turberas, estrechamente relacionados con los pantanos, e innumerables lagunas localizados entre los 3000 y 3500 mts de altitud, cuya principal particularidad es la de retener fuertemente el agua, la cual se va liberando y filtrando poco a poco. Con ello, se forman hilos de agua, quebradas y finalmente ríos.

Pese a sus beneficios, a nivel nacional no se cuenta con un inventario y caracterización de los diferentes humedales. Por esta razón, se maneja el término Complejo de Humedales, el cual permite una caracterización de un conjunto de estos que se encuentran en un espacio dado y que comparten características biogeográficas generales y están integrados entre si funcionalmente.

Y ya con el fin de medir la vulnerabilidad de los humedales en Colombia es necesario realizar una caracterización de estos mismos, elaborar un inventario de cuántos hay, qué especies se encuentran presentes, qué es necesario hacer para mitigar sus impactos y finalmente qué cuidados se deben de tener con estos ecosistemas. Eso sí, teniendo en cuenta

que la gran mayoría de personas ignoran la importancia de estos ecosistemas y lo más importante, no tienen conocimiento sobre qué es un humedal, ni cómo detectarlo.

Así pues, un estudio de vulnerabilidad más allá de un estudio académico es útil también para la construcción de políticas o acuerdos que modifiquen estos ecosistemas, puesto que estos pueden servir de base para aquellas personas que toman decisiones frente a estos ecosistemas.

Vale la pena decir que se debe tener en cuenta también que hay factores de vulnerabilidad que se presentan en plazos cortos, y que no se pueden modificar en tiempos rápidos, además de la respuesta de la sociedad frente a estos que buscan controlar los efectos ambientales de una forma aislada (Franco Vida, Delgado & Andrade. 2013).

6. Beneficios de los humedales y su degradación por causas antrópicas

Investigaciones realizadas por estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Manizales describen los factores climáticos y antropogénicos teniendo en cuenta sus efectos de deterioro del humedal. Los humedales presentes en el sector del Páramo de Letras y del sector El Ocho, han sido maltratados por un sin número de sistemas y de actividades presentes en el área como lo son la ganadería y cultivos de papa e incluso muchos de los humedales de la zona están secos totalmente. Otros presentan degradación por la mano del hombre y otros por actividades de conservación posteriores a su explotación productiva.



Imagen 3. Humedal Altoandino. Humedales Altoandinos, PANG EA, 2007.

Teniendo en cuenta que las mayores causas de degradación de los humedales se deben al desconocimiento de los servicios que éstos ofrecen al secarlos completamente para utilizarlos como praderas de ganadería y al manejo inadecuado de suelos o expansión de áreas de cultivo, es allí donde surgen los llamados incentivos de conservación de estos ecosistemas que le permiten a las comunidades un mejor acercamiento y apropiación de los

mismos. Y de ahí es donde surge otra problemática, puesto que para esta zona no existen estos incentivos que sean coherentes con las necesidades de las comunidades y que vayan dirigidos especialmente hacia los ecosistemas de humedales.

Dado lo anterior surge la importancia de la conservación de estos ecosistemas puesto que tanto el sector del páramo de Letras como el del Ocho “presentan una gran cantidad de especies acuáticas (cuatro), con respecto a los otros sectores, también se registró el más alto en cuanto a anfibios, y dos de estos anfibios están en amenaza de extinción”. (PANGEA, 2007, p. 38). Ante esto, CORPOCALDAS (2005), viene desarrollando varios proyectos para la conservación de los humedales con ayuda de Parque Nacional Natural Los Nevados, CARDER, CRQ-CORTOLIMA, que están a la espera de ser aprobados. (PANGEA, 2007, CORPOCALDAS, 2005)

Ahora bien, para prevenir todo esto, existen propuestas para la implementación de estrategias de estructuración y conservación del complejo de humedales altoandinos mediante la observación y análisis de los servicios ecosistémicos asociados a la calidad de agua que estos ecosistemas brindan. En estas propuestas, se tienen en cuenta: en la primera se hace un análisis y delimitación del humedal, la segunda una revisión de la información bibliográfica, la tercera un registro fotográfico y elaboración de mapas, y la cuarta la utilización de herramientas digitales para el seguimiento del estado y los cambios que presenta el humedal mediante imágenes Landsat, ya que esta ofrecen una amplia información de las características subsuperficiales del humedal tales como la humedad, la temperatura, biodiversidad y sistemas productivos que se encuentran alrededor. Gracias a todo esto se vio la necesidad de investigar toda una normatividad sobre el uso del suelo en

lo que concierne a los humedales en Colombia, teniendo en cuenta que éstos en el país están siendo sobre explotados hasta el punto de secarse y destinarse para otra serie de actividades. (Cardona, 2012)

Por medio de una tesis de grado presentada por Juan Pablo Galeano, realizada en la ciudad de Bogotá teniendo en cuenta los humedales presentes en la zona, se ofrece la idea de estructurar y llevar a cabo actividades para un manejo ambiental sostenible, desarrollando también medidas y mejoramiento en el plan de ordenamiento territorial donde se tengan a los humedales como zonas de alta fragilidad y de constante monitoreo por parte de las autoridades competentes. Bajo dicha óptica es de vital importancia mencionar el principio de prevención, del cual se han generado otros principios, por ejemplo el de precaución o el de contaminador-pagador; pero todos encaminados hacia el mismo objetivo (Galeano, 2016).

Se debe tener también muy claro que es mejor hablar de prevención y no de restauración. Es más fácil prevenir que restaurar pues en ocasiones no se puede restaurar teniendo en cuenta las causas antrópicas de muchos de los ecosistemas degradados presentes en el país (Galeano, 2016).

7. Integración por parte de la sociedad a los humedales

La socialización de los humedales es la forma como se involucra a la comunidad con estos ecosistemas en temas como conservación y cuidado de los mismos. Así, se adopta el término de ecosistema estratégico, cuya principal función es la de enseñar a todas las personas que conviven a diario con estos ecosistemas varias cuestiones. Primero darlos a conocer puesto que la mayoría de afectación de humedales es por su desconocimiento. Segundo, defender medidas de conservación de los humedales. Por eso, el Instituto Alexander Von Humboldt diseñó un documento para el uso y conservación de humedales el cual está basado en la Política Nacional de Humedales, entre otras cosas.



Imagen 4. Guarda parques voluntarios, SPNN, 2011.

En el documento del Alexander Von Humboldt puede apreciarse varias formas de integración. Por ejemplo, se observa que se hace una localización detallada del área de

estudio, posteriormente un desarrollo del estudio mediante varias fases, por último se hicieron los resultados y la discusión de proyectos llevados a cabo teniendo en cuenta los usos del suelo y los sistemas de conservación de estos mismos, contando para ello con cada una de las actividades presentes en el área. En el documento también se tuvo en cuenta el potencial turístico de la zona, considerando que los humedales aparte contribuir a la normalidad ambiental, también ofrecen excelentes servicios económicos y sociales. (Yepes, Álvarez, Alejandro & Rincón, 2014)

Otra forma de integrar a la sociedad en el tema de los humedales la ofrece el documento de la RAMSAR (2014). En este texto, se acordó la importancia de disponer de unos inventarios nacionales amplios como la base esencial de muchas actividades apuntando hacia el uso racional de los humedales, además se encaminó hacia el inventario y evaluación de éstos con una serie de actividades concretas orientadas a lograr este objetivo operativo. Mediante este marco se han considerado los siguientes términos: inventario de humedales, evaluación de humedales y monitoreo de humedales. Sin embargo, es necesario hacer claridad que no se debe confundir estos tres términos puesto que exigen categorías diferentes de información.

Como el inventario es clave en el proceso de socialización, es importante conocer que éste se lleva a cabo de la siguiente forma: examinar los conocimientos e información existentes, determinar una escala y una resolución, establecer un conjunto de datos mínimos o básicos, establecer una clasificación del hábitat, escoger el método apropiado para el inventario, establecer el sistema de gestión de datos, evaluar la viabilidad y eficacia del proyecto, y por último revisar y evaluar el inventario (RAMSAR, 2014).

CAPITULO II

8. Herramientas de teledetección y casos de estudio en humedales

Colombia posee gran extensión de tierra en humedales, donde casi 29 millones de colombianos conviven con ellos, entendiendo que los humedales según expertos son “los riñones del planeta” por su gran capacidad de acumular agua y filtrarla. Así, como primera herramienta está el mapeo. Con él, la idea dar a conocer dónde están ubicados, cuántos humedales hay, y cuáles son sus principales amenazas, y de esta forma hacer un diagnóstico. Esta idea surgió después del fenómeno de la niña del año 2011 ya que los humedales sufrieron un gran impacto y a lo largo del tiempo han perdido gran capacidad de retención de las precipitaciones (Herrera, 2015).

Teniendo el ejemplo de Bogotá, debido a su gran poblacional y a su gran expansión en su zona urbana, ha pasado de tener 50.000 hectáreas de humedales a tener no menos de 1.000 hectáreas. Éstas no sólo han sido arrasadas para darle paso a la construcción sino también a las actividades agrícolas, como ocurrió en la laguna de Fúquene, donde también se ha introducido ganado lechero. El análisis también ha arrojado un desequilibrio en la atención que se les presta a los humedales, desconociendo que más de la mitad de las madre viejas o turberas como son conocidos en algunas regiones, ubicados en la región de la Orinoquia y la Amazonia, y no han sido estudiados.

Según el director del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), Omar Franco, es importante realizar el mapa de los humedales con el fin de reducir la vulnerabilidad del país frente al cambio climático. “Si nosotros

entendemos lo que está pasando con nuestros ecosistemas, podemos hacer una labor preventiva y educativa y a la vez tener bases científicas para que el país pueda tomar las mejores decisiones asociadas a sus ecosistemas”. (IDEAM, 2015, parr. 4)

Para el director, El mapa que permite calcular todo esto, tiene una escala de 1-100.000, se ha realizado con la ayuda de la firma holandesa Sarvisión y la Agencia Espacial Japonesa (Jaxa). También con este mapa se pretende delimitar los humedales y una estrategia de protección, según Pablo Vieira, Viceministro de Ambiente (Herrera, 2015).

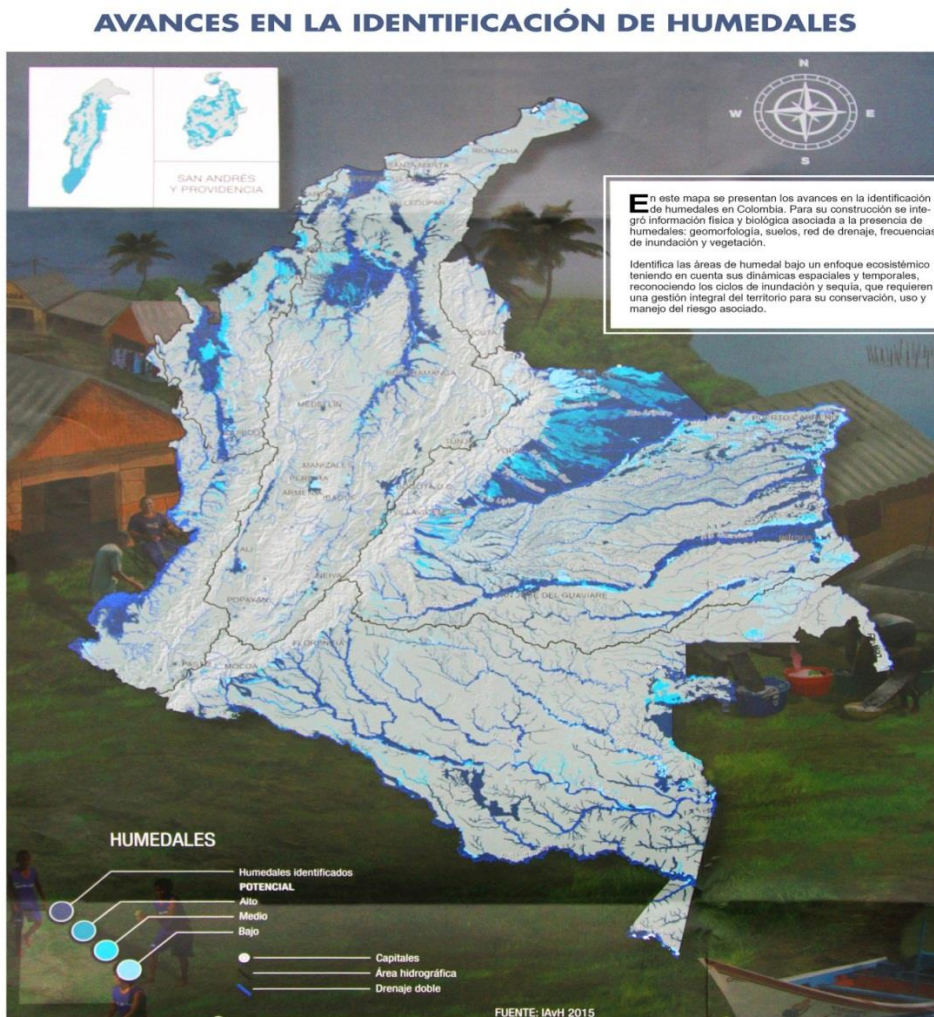


Imagen 5. Mapa de identificación de Humedales. Ideam, 2015.

En cuanto a conocimiento de cómo es el funcionamiento de los humedales y la dinámica de la biodiversidad, el mapa ayuda a tener claridad para evaluar los efectos y medidas de la gestión y adaptación pues existe una problemática del cambio climático global y sus posibles efectos en los humedales. Esta estrategia fue aprobada durante la tercera jornada de charlas del centro de estudios de humedales de pica (CEHh). La charla, deja ver una completa descripción de los humedales, sus tipologías y las variaciones del clima con el funcionamiento. También se da a conocer los efectos que están produciendo el calentamiento global en estos y complejos sistemas en los humedales altiplánicos que están en zonas con altas radiaciones con lluvias en cortos periodos, lo cual implica un frágil balance hídrico, y según las condiciones una elevada evaporación.

Según la convención RAMSAR (2015), la cartografía brinda prioridad a las zonas húmedas y recomienda el uso de tecnologías de teledetección y sistemas de información geográfica para la elaboración de inventarios. Todos estos datos pueden llegar a convertirse en herramientas muy versátiles para realizar infinidad de cosas que se quieran con el proyecto: teledetección como método de identificación y delimitación de humedales, teledetección como herramienta de identificación y seguimiento de los cambios en las características de los humedales y teledetección como instrumento de planificación de la conservación y gestión de los humedales (Cardona, 2012).

8.1 Utilización de imágenes para el análisis de humedales

Con el fin de analizar el cambio que han sufrido los humedales de Tierra Blanca y Neuta, entre los años de 1941 y 2006, se utilizaron fotografías aéreas, imágenes satelitales, y el *software* ArcGIS. Así, se determinó que estos ecosistemas han sufrido cambios considerables tanto en su entorno físico como químico.

Gracias al crecimiento sin medida de la población, los humedales presentes en el área urbana del municipio de Soacha están muriendo poco a poco, haciendo que cada vez estos sean más insignificantes e imperceptibles. Por eso, gracias al estudio de imágenes satelitales, se puede determinar cuánta extensión de tierra han perdido estos humedales a lo largo del tiempo, además se pueden determinar que especies han ido desapareciendo.

Para este caso de análisis se obtuvo información del IGAC, DANE, también de ONG y organizaciones científicas, durante los siguientes años: 1941, 1957, 1964, 1981, 1993 y 2006. (Aldana & Garzón, s.f.). Con esto, se ha demostrado que los humedales en esta área para la sociedad en general tienen una mala reputación porque:

... desde la perspectiva antrópica estos son solo un foco de problemas no sirven para nada, los problemas enumerados por la comunidad van desde sitio botadero de basuras y aguas servidas, sitio de consumo de drogas y en general un lugar de mal aspecto que solo genera inseguridad y preocupaciones a la comunidad. (Aldana & Chindicue, s.f, p. 13)

Gracias también a la utilización de imágenes satelitales se llevó a cabo un estudio de la pérdida de cobertura vegetal de las fuentes hídricas presentes en los lagos Poopó y Uru Uru, Altiplano Central Boliviano. Ambos lagos se han convertido en sitios importantes para la invernada de aves migratorias neárticas durante algunos meses del año así como también de aves migratorias australes como los flamencos altoandinos. Los resultados de la indagación indican que la población aves ha disminuido en casi un 50%. Fuera de esto también han perdido casi un 47% de su espejo de agua en los últimos 25 años, además se le atribuye un acelerado proceso de sedimentación y colmatación del lecho lacustre gracias a factores eutróficos naturales por parte de aguas tratadas que provienen de la ciudad de Oruro, actividades mineras y cambio en el uso del suelo. (BirdLife, 2013).

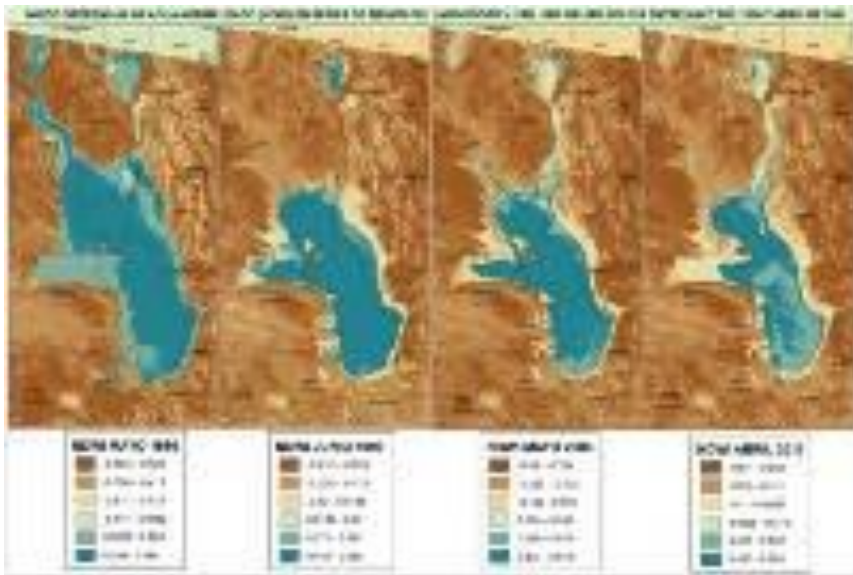


Imagen 6. Desaparición de Humedales Bolivianos. Tomado de Birdlife, 2013.

Debido a la degradación que los humedales han sufrido al transcurso de los últimos años, las autoridades se han visto en la tarea de desarrollar sistemas de monitoreo y control de las actividades humanas que podrían afectar o generar riesgos para estos ecosistemas. Para esto el “*Sistema Agrícola y Ganadero, SAG de Chile*”, ha diseñado un sistema para definir los

conceptos que se deben tener en cuenta para una evaluación y monitoreo de los humedales, sugiriendo una detección temprana de las desviaciones de la estructura y funcionamiento de los humedales. En este estudio se sugiere que las imágenes satelitales de alta resolución temporales proporcionan una valiosa información para la identificación de zonas de riesgo, y de esa manera tener un seguimiento de estas zonas gracias a las imágenes. Ya con las imágenes y con el transcurso de los años se puede establecer un cambio en la cobertura vegetal del suelo y su afectación por las actividades humanas presentes en el área de estudio (Dahl, s.f).

Otra forma de detección se debe a un estudio de la Universidad Javeriana en Bogotá, el cual pretendía realizar una adaptación mediante imágenes satelitales y sistema de información geográfica ArcMap (Acuña, 2010), generando un mapa de uso de cobertura del suelo y comparándolo frente a los planes de ordenamiento territorial de los municipios, y de esta forma identificar las coberturas más importantes del área de estudio. Una vez superpuestos los dos mapas se logró establecer los conflictos del suelo, y de esta manera se pudo establecer las áreas más vulnerables y que han sido afectadas por actividades tanto naturales como antrópicas.

No es un misterio que los ecosistemas de la zona andina son reconocidos como de los más amenazados por las actividades antrópicas tales como la expansión del territorio para la siembra de papa y otros cultivos, pues estos ecosistemas están sufriendo cambios de manera acelerada debido tanto al cambio climático, como al empobrecimiento de la biodiversidad. Por esta razón, es importante establecer e incorporar los sistemas de información geográfica como la herramienta más utilizada en la construcción de mapas de cobertura de la

superficie terrestre, puesto que pueden ser obtenidos de diversas fuentes y pueden ser analizados de diferentes maneras. Gracias a esto se puede establecer las mejores actividades para restaurar y mitigar los impactos sufridos a estos ecosistemas, y de esta forma también diseñar un corredor biológico viable para la región, según las características del paisaje. (Acuña, 2010)

Por otra parte, en un estudio realizado por el Ministerio de Ambiente de Bolivia (Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos, 2009) se puede observar que a partir del índice normalizado de vegetación, obtenido gracias a las imágenes satelitales, el crecimiento de la vegetación está estrechamente ligado a los regímenes de precipitación y los procesos de degradación avanzan a un ritmo acelerado.

El estudio en referencia se basó en las zonas de Chojñapata, Calahuancane y Tuni Condoriri, donde se hizo un estudio del cambio de la vegetación desde el año 1986. El método de estudio utilizado fue el de “*transección al paso*”, que se refiere al cuidado y utilización de las especies forrajeras, el cual es uno de los métodos más utilizados para el tipo de vegetación existente en la zona andina porque permite evaluar varias extensiones en corto tiempo. Una vez obtenidos los datos se puede observar que en algunas de las regiones no existía un cambio significativo en su vegetación, mientras que en otras zonas si hubo un cambio significativo en la cobertura vegetal; toda esta información gracias al análisis espacial realizado en cada uno de los bofedales (Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos, 2009).

Fuera de este estudio, también está un proyecto en Perú. En él, se detectaron varios tipos de humedales; sin embargo los que generan mayor interés son los bofedales, ubicados en las zonas altoandinas y altiplánicas del país. Estos humedales son hábitats alimentados con agua constantemente. Actualmente este país no cuenta con un inventario sobre estos ecosistemas, razón por la cual se identificó la necesidad de crear un sistema de trabajo que permita cartografiar de manera rápida y efectiva la superficie de estos; con estas necesidades de información se recurrió a la utilización de la teledetección como herramienta de estudio y control de estos, puesto que proveen información única para el cartografiado de humedales en grandes extensiones de terreno.

De igual forma se utilizaron imágenes descargadas desde internet gratuitamente, de ahí se realizó el procesamiento de las imágenes, también se tomaron las imágenes de Google Earth, puesto que son imágenes con una alta resolución, para identificar los bofedales, obtenidos los datos se utilizará un algoritmo llamado ALME para hacer una clasificación digital, este algoritmo se basa en la respuesta espectral de todos los componentes dentro de un pixel determinado.

Por último, para tener en cuenta. Según la convención RAMSAR (2015) la escala utilizada para el estudio de humedales es inseparable de sus objetivos y tiene una gran influencia en la selección del método a utilizar. Así, se realiza una evaluación de la fiabilidad de los datos mediante matrices de contingencias con sus respectivos descriptores estadísticos. Cuando esto esté listo, se emplean el Landsat y el algoritmo ALME para tener claro los cambios que han sufrido los humedales presentes en el área de estudio (García & Llellish, 2009).

9. Casos de estudios multitemporales de humedales

A continuación se presentan los casos de estudios en términos de estado del arte. Así, en un primer acercamiento, se realizó un análisis multitemporal del humedal capellanía ubicado en la ciudad de Bogotá. Para esto, se utilizaron herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica, donde se evidencia el deterioro y pérdida de la cobertura vegetal por causas antrópicas.

De acuerdo a este estudio, se pretendía realizar un análisis de la construcción de una avenida en este sitio, afectando no solo el medio ambiente sino causando un impacto en el aspecto social y económico de la región. Con las imágenes obtenidas se realizó el procesamiento de las mismas por medio de cartografía básica y temática de suelos, con ayuda de los POT, con esta información se hace el estudio de las diferentes variables como son los cambios de la cobertura vegetal, la fauna y la intervención antrópica, y de esta forma determinar qué cambios ha sufrido el humedal, y gracias al estudio multitemporal se podrá estimar a futuro un patrón que indique la degradación del humedal; de esta manera se logra evidenciar como las herramientas de Teledetección se constituyen en una gran herramienta para el estudio de estos ecosistemas. (Peñaloza, Tocasuche, Vásquez, Hurtado, Suarez, Montaña, 2014).

Gracias a estas afectaciones estos ecosistemas sufren alteraciones ecosistémicas importantes, cambio de uso del suelo, pérdida del horizonte A del suelo, contaminación de acuíferos, pérdida de especies de fauna y flora, desecación de estos mismos, alteración del ciclo hidrológico, pérdida de la biodiversidad, disminución de los cuerpos de agua. ¿Pero

qué autoridad debería estar pendiente de todo esto?, esta es la pregunta que se deben de responder las CAR, puesto que dentro de sus obligaciones está la de velar por el cuidado de estos ecosistemas, tomando las normas existentes o creando aquellas necesarias para el cumplimiento de su deber.

De aquí la necesidad de crear normas y formas de estudio de estos ecosistemas, delimitación y monitoreo, y gracias a la teledetección y sus formas se puede hacer de manera gil y veraz, capacitando también a la población, haciéndoles entender el gran beneficio que tiene para todos nosotros los páramos y los humedales y los excelentes beneficios que estos pueden brindar (Serrano, Páez, Kolter, 2008).

Ahora, en el Norte grande de Chile, se efectuó otra indagación en los humedales altoandinos. Así, se encontró que estos son presentados como ecosistemas frágiles puesto que todos sus componentes se ven afectados tanto por factores antrópicos, y factores ambientales, como el cambio climático; de allí surge la necesidad de estudiar más a fondo estos ecosistemas, y una de las nuevas maneras de estudio de estos es mediante imágenes satelitales. Para el estudio en especial en Chile se tomaron imágenes satelitales aleatorias que tenían en cuenta los 264 humedales incluidos en esta área, donde realizaron como primera medida el análisis de “Detección de Cambios”, con el *software* Erdas, el cual realiza una imagen teniendo en cuenta cada una de las bandas de la imagen y del periodo de análisis.

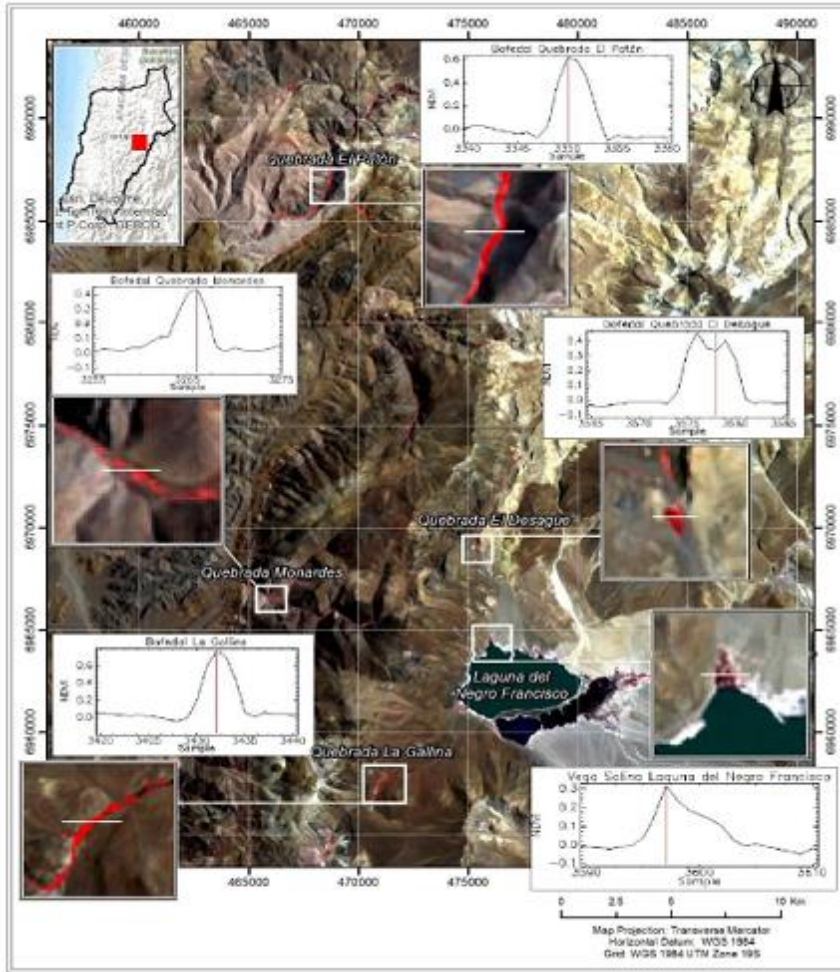


Imagen 7. NDVI vs Altitud del humedal. Tomado de CIREN, 2011.

Entre los humedales que se tuvieron en cuenta fueron Baltinache, Borde Sureste Ascotan, Calama, Carvajal, Cejas, Chiu Chiu, Churchicha, Guallatani, Huiculunche, Inacalari, Lasana, Los Platanos y Tujilirea, Ojo de San Pedro, Olar, Paicato, Paniri, entre otros, donde notaron que muchos presentaron cambios significativos en la cobertura vegetal, mientras que otros no se hacía muy notorio su cambio, puesto que en ocasiones la resolución de la imagen no era la más adecuada, además se pudo establecer el nivel de amenaza de cada uno de estos. (CIREN, 2011)

En uno de los casos se hace un análisis multitemporal de los humedales prioritarios de la cuenca del salar del huasco, donde se hace unos indicadores de productividad vegetal (NDVI), espejos de agua, contenido de humedad, biomasa y temperatura superficial, donde se utilizaron imágenes satelitales para los años 1989 – 2009. Para este estudio se tuvo en cuenta la percepción por parte de la comunidad indígena presente en el área sobre los humedales altoandinos, la modificación de los manejos pastoriles de las comunidades, una propuesta de criterios para la gestión sustentable de los recursos hídricos asociados a los humedales de la comuna de Pica, variaciones espaciales y temporales de los cuerpos de agua superficiales, análisis de la dinámica temporal de las aves. En este documento toman el cambio climático como un “nuevo” factor, donde mediante al estudio de imágenes satelitales, pueden establecer cuáles son las zonas con mayor aumento de temperatura, y de esta manera establecer un estudio más detallado sobre estas zonas, cuales son las más sensibles por temperatura, cuales mas por precipitación y realización de propuestas metodológicas (CEH, 2010).

La fragilidad de los humedales altoandinos, constituidos entre los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres, se debe a diversas causas tanto naturales como antrópicas; las naturales se deben a un cambio climático, y antrópicas como la extracción de sus aguas para la minería. Para el análisis multitemporal de los humedales mediante herramientas de teledetección, permite determinar la condición de estos humedales ya sea en su dinámica de vegetación, en la dinámica de los animales presentes en el área, y de esta forma asegurar la sustentabilidad de los recursos presentes en el humedal. Para este caso se toma un periodo comprendido entre el año 1995 y 2013 y utilizando el “Índice Espectral de Humedad de la Vegetación (IHUMV), y obteniendo los datos de diversas fuentes. También de esta forma se

puede analizar el comportamiento de las fuentes hídricas y las actividades mineras relacionadas con los humedales, ya analizado los datos se concluye que los humedales en estudio se encuentran en situaciones de fragilidad alta y con una tendencia creciente de forma negativa, gracias al aumento de la minería debido al exceso de extracción de sus aguas para esta actividad. (Ahumada, Castro & Altamirano, 2014).

Por ejemplo para un estudio de los andes centrales del Perú, en el norte de Huaytara y oeste de Castrovirreyna, se pueden evidenciar un sin número de proyectos hídricos con el fin de responder a la necesidad de la agricultura de estos valles, haciendo que estas actividades degraden los ecosistemas de humedales altoandinos presentes en el área, y disminuyendo el rendimiento de sus pastos naturales. En este caso la teledetección ha demostrado ser una herramienta muy útil para la cuantificación de las variables físicas como son la cubierta vegetal y de “*área foliar*”, y gracias a estos datos se puede obtener un mapa, y así monitorear los hábitats específicos.

Para este estudio en especial se utilizaron imágenes Landsat puesto que son consideradas la base de datos más eficiente, puesto que ha brindado datos multiespectrales de alta resolución durante más de 25 años, además ha sido el más utilizado para el estudio de humedales, además de la utilización del software Aster GDEM que es el modelo de elevación digital de alta precisión que cubre toda la tierra, esta plataforma ha permitido realizar análisis más avanzados en el estudio, monitoreo y vigilancia del medio ambiente en zonas montañosas.

Siguiendo con casos de análisis se encontró que 14 humedales, destacados como prioritarios en el “*plan de acción para la conservación y uso sustentable de humedales altoandinos*”, y se siguió la siguiente metodología donde como primera parte se hizo una descarga de modelos digitales de evaluación, de allí se hizo el procesamiento de estas además de las curvas de nivel y los modelos topográficos, y gracias a esto se pudo hacer una delimitación de cuencas para estos 14 humedales. En el segundo paso se hizo una descarga de imágenes satelitales se realizó su debido procesamiento y de allí se obtuvo la clasificación no supervisada delimitación de cuerpos de agua, para este procesamiento se hizo una definición de subescenas para los 14 humedales, de donde se realizó el debido cálculo de los indicadores ambientales el NDVI, Tasseled cap model, y termal, donde el primero habla de la productividad vegetal del humedal, el segundo de la concentración de biomasa contenido de humedad, y por último, el patrón de temperaturas superficiales. Para este estudio en especial se tuvieron en cuenta las imágenes LANSAT-TM desde el año 1989 al año 2009.

Respecto al cálculo de los indicadores en el caso del NDVI resulta de la relación entre la banda visible del canal rojo y la banda infrarroja. Y la concentración de biomasa y contenido de humedales en el suelo resulta del modelo Tasseled Cap que “corresponde a la transformación lineal de las bandas del sensor Landsat en cuatro nuevos ejes de los datos espectrales que pueden ser interpretados como los “componentes de actividad superficial”.” Para los patrones de temperatura del suelo se calcula a partir de los niveles digitales originales de la banda termal, del sensor Landsat, esto permite conocer la relación entre el flujo de energía emitido por el suelo y el que efectivamente recibe el sensor satelital considerando las alteraciones que produce la atmósfera. Como evidencia para este estudio

en especial se pudo identificar que hay una tendencia hacia la disminución en la casi totalidad de las cuencas en el periodo de invierno, y solo 4 de estos humedales presentan un aumento en la productividad vegetal, y en cuanto al contenido del humedal solo 5 presentan disminución en su área, y en cuanto a temperatura solo 2 presentan mejoras de condición de frío superficial en la cuenca. Debido a esto el comportamiento en el tiempo de los humedales es irregular y no muestra un patrón claro de cambio. (Silva, 2010)

En un caso en especial en el altiplano chileno de la región de Antofagasta, en fronteras con Bolivia y Argentina, se realizó con técnicas de recopilación y almacenamiento de datos obtenidos de fuentes secundarias, los datos obtenidos se almacenaron en bases de datos, los cuales fueron sistematizados en un SIG y en una colección digital de humedales. A partir de estos estudios se realizó las relaciones entre las actividades productivas y los humedales presentes en el área, y de esta manera se pudieron establecer las principales amenazas para los humedales en el área de estudio. La delimitación de los humedales se realizó con información de límites de subcuencas hidrográficas, curvas de nivel, altitud y presencia de vegas y bofedales altoandinos.

Para la elaboración de la cartografía se procesaron las imágenes de datos satelitales Landsat, de resolución media, utilizando software como el Erdas Imagine para el tratamiento digital. Una vez procesadas las imágenes se construyeron los indicadores espectrales como el índice de vegetación normalizado, y para mejorar la visualización y posterior vectorización de las áreas se realizó una clasificación digital del SAVI en tres clases: Vegetación, cuerpos de agua y salares, lográndose con esto la localización espacial

de los humedales existentes. Ya con la información recopilada se logró recoger las siguientes variables:

- Variables espaciales, topográficas y de caracterización general de humedal.
- Variables de flora y vegetación.
- Variables de fauna.
- Variables hídricas.
- Variables de suelos.
- Variables de geología y geomorfología.
- Variables pueblos originarios, antrópicas y de protección. (INNOVA, 2010, p. 14, 15)

La vegetación de un humedal está estrechamente relacionada con los requerimientos hídricos, puesto que en épocas de invierno reducen la actividad biológica de estas. Dado esto se encuentra también que hay relaciones entre los humedales y las actividades mineras y productivas del área, y así se determinan las presiones y amenazas actuales. El análisis de los cambios multitemporales, demuestran que hubo una disminución en la cobertura vegetal entre los periodos del año 2000-2001 y 2009-2010. Con lo cual se demuestra que con los software y los índices adecuados, el análisis multitemporal mediante imágenes satelitales es sin ninguna duda uno de los mejores métodos de investigación y de estudio de humedales (CIREN, 2010).

Debido a la variabilidad de los ecosistemas de humedales la posibilidad de usar sistemas de sensores remotos representa un gran reto, puesto que también se notan muchas diferencias

en la forma del relieve, de esta forma y mediante diferentes software y diferentes índices se ha podido establecer que a lo largo ancho del país se identifican muchos humedales y donde más se evidencian es en Magdalena, Cauca, Caribe, Orinoquía y Amazonia, y con el pacífico.

Para este estudio en especial se utilizó el sensor MODIS Terra, para un periodo de estudio de 2007 a 2012, y se utilizó también el NDVI el cual ha demostrado ser una medida efectiva para la detección de estos ecosistemas.

Ahora bien, gracias a la alta diversidad y tipología de los humedales en Colombia, ciertos investigadores decidieron realizar el estudio por regiones puesto que era más fácil la visualización y el estudio, ya que Colombia cuenta con una gran cantidad de relieves y de climas. Por ejemplo en la región de la Amazonia se pudo evidenciar que por la alta densidad del bosque y por la saturación del índice de vegetación, no fue posible una detección muy buena, por lo que se sugiere hacer una clasificación más específica como la utilización de radar, y para el sector de la Guajira se presentaron valores bajos en el índice puesto que la sequía de esta región se puede evidenciar que no hay detección de humedales interiores. De esta forma también se puede obtener una información más detallada sobre los diferentes complejos de humedales nacionales que cuentan con espejo de agua temporal o permanente, y así se puede realizar una visión integral entre la hidrología y la vegetación lo cual hace que se vea el funcionamiento y la conectividad de los humedales. (Estupiñán & Flórez, 2014)

Así, un taller que realizó el EVIAN se identificó estos complejos de humedales, de tal manera que puedan estar bajo una categoría de conservación, teniendo en cuenta los

criterios nacionales e internacionales. Mediante la estrategia de trabajo del proyecto, se realizó como criterio principal la identificación de humedales altoandinos que puedan ser protegidos bajo una categoría de conservación y de esta manera realizar primero, un planteamiento y revisión del estado del conocimiento del área, la identificación de actores presentes y potenciales y la identificación preliminar de fortalezas y debilidades, de esta manera se realiza un diagnóstico de los complejos de humedales identificados, una vez realizado esto se hace un análisis de la figura de conservación más apropiada teniendo en cuenta el contexto local, y de esta misma manera hacer la socialización de la información y diseño colectivo de la estrategia y de allí la designación del área.

Mediante el estudio de la imágenes satelitales se logró determinar un mapa con la selección de los 3 núcleos prioritarios para la conservación de los Andes Colombianos, de los cuales son: Núcleo 1, Parque Nacional los Nevados, Núcleo 2, Corredor de los humedales entre los Parques Nacionales las Hermosas y Nevado del Huila y Núcleo 3, Parque Nacional Purace. Se tendrán tres tipos de criterios de escenarios de conservación que son los criterios ecosistémicos, los criterios biológicos como lo son el endemismo, especies amenazadas, poblaciones reproductivas y elemento de conectividad entre poblaciones, y los criterios socioeconómicos como valores intangibles, gobernabilidad del territorio, marco legal, y patrones dominantes de uso de la tierra.

Teniendo en cuenta que debido al calentamiento global muchos de los ecosistemas han cambiado sus composiciones físicas y químicas, hasta el punto de desaparecer algunos de ellos, por esto se identifica la necesidad de implementar medidas de monitoreo y conservación de cada uno de estos ecosistemas, de tal forma que se pueda tener un claro

seguimiento y realizar medidas de mitigación y de conservación, allí se logra implementar las técnicas de teledetección con este fin (RAMSAR, 2015).

Para el ministerio de ambiente los humedales son ecosistemas que juegan un rol vital en el desarrollo de las cuencas andinas, son ecosistemas frágiles y su importancia no es solo estratégica sino que brindan diferentes bienes y servicios, además de brindar una importancia en el desarrollo económico, para el uso humano, la producción agrícola, ganadera, en actividades de minería e industriales, en el Ecuador estos ecosistemas están entre los más amenazados no solo por factores antrópicos sino también por efectos al cambio climático. En el sur del Ecuador se ubican en las provincias de Azuay, El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. En los últimos años el estudio y monitoreo de estos ecosistemas se ha facilitado puesto que han existido avances en los sensores remotos con el fin de analizar los patrones de cambios en ambientes naturales.

Volviendo a los humedales del altiplano Cundiboyancense, estos han estado sometidos a diversas actividades humanas las cuales les causan un doble deterioro a estos ecosistemas, derivando a esto pérdida de la cobertura vegetal y de especies de fauna, y de saber que estos ecosistemas poseen una gran desventaja debido a la alta presión que ejerce el entorno urbano sobre estos, dificultando los procesos de rehabilitación y recuperación. Lo que se pretendía realizar con este estudio era analizar el cambio que habían sufrido los tres humedales La Vaca, Techo y Burro, con respecto tanto a las actividades humanas como a los cambios climáticos que ha sufrido el planeta, de esta manera utilizar imágenes satelitales que permitieran diferenciar el cambio de la cobertura vegetal y del espejo de agua, de esta manera las dos primeras fases del proyecto se basaron en la recolección de la

información, y las dos últimas se basaron en el montaje de las fotografías aéreas para el estudio de la degradación de los humedales. Para la recolección de las imágenes se tomaron fotografías aéreas existentes en la base de datos del IGAC, se digitalizaron todas las imágenes, de allí se realizó un levantamiento de cobertura terrestre, que nos ayuda a determinar que clases de coberturas hay y de qué manera están siendo explotadas, de allí se pudo evidenciar que la mayor actividad que ha degradado los humedales es la construcción de nuevas zonas urbanísticas. (Bernal, 2010)

Una vez procesada toda la información se procede a analizar con el objetivo de “establecer las demandas productivas y las relaciones de sustentabilidad de los ecosistemas de humedales con las actividades mineras, turísticas y otras actividades productivas del área de estudio” (INNOVA, 2013, p. 8). Y de esta manera se pudo evidenciar las amenazas y presiones actuales de los ecosistemas de esta zona. Además de esto también se realizó este informe con el fin de socializar a la comunidad y de informarle a la sociedad sobre la importancia de estos ecosistemas para todos nosotros, si entendiéramos a profundidad la importancia de estos nos diéramos cuenta que contamos con excelentes ecosistemas y que nos brindan excelentes servicios. (INNOVA, 2013.)

Mediante imágenes satelitales diferenciar entre un sistema lacustre y un palustre, en primera medida la importancia del sistema palustre está dada por que estos sistemas agrupan a todos los humedales con vegetación que tradicionalmente se han llamado pantanos, y también estuarios y bosques inundables, mientras que los sistemas lacustres son sistemas de áreas extensas de aguas profundas como los lagos y reservorios, lagos intermitentes y lagos influenciados por mareas con salinidad derivada. Por ejemplo para la

laguna de Fúquene, la imagen satelital de julio de 2003 revela que en su mayor extensión corresponde a sistema lacustre y el resto a sistema palustre y ribereño. Pero dada las diferentes actividades de la zona, estos ecosistemas han cambiado un poco su composición, además también de haber una disminución de su extensión total.

Fuera de lo anterior mediante este estudio se pretendió realizar un análisis a fondo de las especies de fauna y flora presentes en las lagunas en estudio, determinar que especies llegan, cuales se van, y así determinar de una manera detallada las especies en cada uno de estos ecosistemas tener un conteo más específico, y de manera más detallada la utilización del junco puesto que a medida que pasa el tiempo esta especie toma más fuerza gracias a su aprovechamiento para artesanías. Por último se establece una estrategia de manejo sostenible del juncal como especie predominante entre los humedales en estudio, el cual lo que importa es buscar una conservación de los valores ambientales a través del uso durable de los recursos biológicos. (Fundación Humedales, 2011).

La rápida desaparición de los ecosistemas de humedales ha hecho que surjan infinidad de iniciativas encaminadas a la protección y conservación de estos ecosistemas. De esta forma en el año de 1997 se abre el espacio legal para la gestión de humedales que permitió la formulación de la Política Nacional de Humedales y la conformación del Comité Nacional de Humedales. Posterior a esto se ve la necesidad de delimitar los humedales y avanzar en la formulación de los planes de manejo en los humedales prioritarios, y de esta forma ya se ve a nivel nacional muchos planes de manejo y conservación de humedales. Sin embargo se identifica la necesidad de completar la información y de consolidar los soportes de análisis en el mejoramiento de la evaluación de la dinámica de estos ecosistemas, así como

establecer estrategias de gestión, manejo y adaptación, frente a escenarios de cambio climático global.

Con este fin se creó el primer mapa de delimitación de estos ecosistemas, donde para esto se consideró “la configuración de la unidades de paisaje predominante bajo la clasificación de unidades geopedológicas del país empleada como insumo en el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia escala 1:500.000.” (IDEAM, 2013, p. 73) las unidades de paisaje predominantes fueron las planicies y los ríos. Gracias a las imágenes satelitales se puede establecer cuáles son las zonas de inundación y la de agregación de cuerpos de agua, con el fin de establecer cuál es su calidad de drenaje y establecer cuál es el ambiente morfológico de cada una de las zonas de nuestro país, de esta manera los humedales cumplen diversas funciones como ser regulador de los caudales de los ríos, y la desecación de estos para uso productivo genera conflictos en el uso de la tierra y la sostenibilidad de los recursos ambientales locales.

Sin embargo para los humedales altoandinos existe un gran vacío, por lo tanto es de vital importancia incorporar a mediano plazo evaluaciones regionales y locales efectuadas, para contar con un escenario integrado de los complejos de humedales presentes en el territorio colombiano (Verdugo, 2010).

Las emisiones generadas por el hombre más las emisiones naturales a la atmósfera, han hecho que aumenten las concentraciones de gases de efecto invernadero, han hecho que estos no permitan la salida de los rayos UV, encargados de que el planeta se caliente cada

vez más, y esto hace que la comunidad científica se preocupe cada vez más. Los humedales son ecosistemas con una vulnerabilidad natural a los cambios del clima.

Los humedales sirven de sumidero de cerca del 40% del carbono que se genera a nivel mundial, la destrucción de estos evitaría la eliminación de importantes cantidades de gases de efecto invernadero, y por ende aumentaría el calentamiento global, y frente a esto los humedales cumplen funciones como lo son la estabilización de costas, así como constituyen la primera línea de defensa ante la acción de fenómenos severos del tiempo, además de regular la cantidad y calidad del agua, disminuyen el impacto por fuertes vientos, y es una excelente fuente de recursos para consumo directo. (CIREN, 2010)

Uno de los casos de los humedales del golfo de México han sido estudiados desde diversas perspectivas, pero faltan más análisis que proyecten su futuro, incluyendo los impactos derivados al cambio climático. El aumento en la temperatura en el ambiente y la presencia de altas precipitaciones tendrían impacto en la calidad del agua, la alteración del ciclo hidrológico propiciara la alteración de procesos de transporte de sedimentos y nutrientes, lo cual tendría un gran impacto negativo en los ecosistemas. La conservación de estos ecosistemas resulta importante para generar microclimas y controlar la pérdida de calidad del agua, para la conservación de la biodiversidad (CIREN, 2010).

En este estudio en especial las lagunas analizadas tienen impactos fuertemente estrechos con las actividades humanas. Gracias a las imágenes satelitales se puede monitorear y estudiar tanto las precipitaciones anuales en el área, como el calentamiento de la zona y de

esta manera también poder tener controlado el área de interés, entendiéndose que mediante un aumento de las precipitaciones el ecosistema se verá afectado, así como también un aumento en la temperatura del agua hace que esta baje su calidad. La vulnerabilidad de los humedales ante el cambio climático se incrementa por falta de planeación en el uso del suelo y el deterioro ambiental como las microcuencas, humedales y la poca gestión del riesgo.

Dentro de este proyecto también se toma la necesidad de incorporar a los medios de comunicación, puesto que estos juegan un papel importante en la información y educación a las personas sobre los riesgos y como prepararse ante posibles casos de emergencia, y debido a esto los canales de televisión y de radio deben de contar con personas expertas y especializadas, de tal forma que le informen a la comunidad sobre todo lo necesario ante cualquier amenaza. (Magaña, 2011)

Otro caso apunta al de Parques Nacionales Naturales, entidad encargada de administrar las áreas del sistema nacional de parques naturales y de coordinar el sistema nacional de áreas bajo cuidado. Actualmente, SPNN (2011) cuenta con “56 áreas protegidas que representan 12.602.321 ha del territorio nacional, que en proporción respecto al país corresponde a 1.30% del área marina, 9.98% del área continental.”. (SPNN, 2011, p. 8)

Dentro de las áreas protegidas están los humedales que son ecosistemas con una fragilidad muy alta debido a sus composiciones químicas que hacen que cualquier alteración de estos sufra cambios hasta en ocasiones irreversibles. De esta forma SPNN ha adoptado medidas

de monitoreo de estos ecosistemas, donde crea la metodología *Corine Land Cover*, “esta es un procedimiento para el levantamiento e inventario homogéneo de la ocupación del suelo, con características técnicas y específicas que tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico” (SPNN, 2011, p. 36), esto con el fin de crear una base de datos sobre la cobertura y uso del territorio y de su seguimiento a través del tiempo, mediante la interpretación visual de imágenes satelitales y el apoyo de los SIG.

A partir de esto se estableció una línea de base de coberturas de la tierra a escala de 1:100.000, para el periodo comprendido entre los años 2000 y 2002, el cual se constituye el punto de partida del monitoreo de coberturas de la tierra, previsto para periodos cada cinco años. Gracias también a esto se ha podido realizar una delimitación de cada una de las áreas establecidas y protegidas por SPNN, y con el apoyo del IGAC se publicó este mapa oficial de dichas áreas. (SPNN, 2011)

Conclusiones

- Con este proyecto se puede evidenciar la gran importancia que tienen los humedales como ecosistemas, puesto que proveen de excelentes servicios a toda la comunidad no solo de dotación de agua sino también de hábitat de una gran cantidad y variedad de especies. De ahí la necesidad de crear maneras de estudiarlos, analizarlos y monitorearlos, de forma más fácil y ágil. Por ejemplo, la teledetección, la cual mediante imágenes satelitales permite identificar los humedales, tipos de humedales, extensión de humedales, e identificación de especies de fauna y flora de cada uno de los ecosistemas que se desean estudiar.
- El estudio corrobora que la utilización de imágenes satelitales ha tomado mucha fuerza en los últimos años puesto que brinda gran cobertura y gran resolución de imagen. También, formas de consulta más simples e índices de valoración para cada una de las imágenes.
- Se deben crear maneras de socialización de estos ecosistemas, dar a conocer sus servicios y sus beneficios, y su gran colaboración al medio ambiente, pero saber que la gran causa de deterioro de estos ecosistemas son las causas antrópicas, construcción sobre estos ecosistemas, y el calentamiento global que hacen que cada vez se degrade más y más estos ecosistemas.
- El proyecto arroja que para el sector del Páramo de Letras y del Sector del Ocho, las imágenes satelitales indican ambientales NDVI y el sensor MODIST brindan la

información necesaria para determinar las características físicas y químicas de los humedales, qué porcentaje de territorio ha perdido el humedal, qué ha causado el deterioro y también las especies que han entrado o salido.

- Para el caso de Colombia, se evidenció una información aceptable pese a que no se realizan regularmente estudios de humedales, como se observa en otros países como Chile, Perú, Ecuador, donde si es posible leer un número considerable de documentos y estudios con la ayuda de la Teledetección.
- Es de vital importancia conocer que la mayor causa de degradación y pérdida de estos ecosistemas es el poco cuidado y mantenimiento. Además, de causas antrópicas y cambios climáticos, por nombrar algunas.
- Dentro de las conclusiones, el investigador espera que este esfuerzo intelectual y práctico se emplee como apoyo en futuros proyectos. Por un lado, puede servir en la construcción de un estado del arte sobre el problema que atraviesan los humedales. Por el otro, demostrar que pese al uso desmedido de tecnología, el hombre todavía necesita de la naturaleza, y más de estos ecosistemas.

Cuadros Comparativos De Autores

Con el fin de tener una idea clara acerca de cada una de las posiciones de los autores se relacionan en el siguiente cuadro comparativo, la visión que tiene cada uno de ellos acerca de estos ecosistemas, sus puntos de vista acerca de las mejores maneras de monitorearlos y estudiarlos, y como de acuerdo a cada una de los criterios que ellos establecen poder entender más porque son tan importantes estos ecosistemas.

4. Identificación de la afectación ecosistémica de los humedales	
CONSERVACION DE HUMEDALES ALTOANDINOS – DEPARTAMENTO DE CALDAS	Tipos de humedales y los grandes beneficios que estos traen para la sociedad, entendiendo que son ecosistemas vitales para el sostenimiento y supervivencia de gran cantidad de especies presentes en ellos.
W W F	Gran importancia de estos ecosistemas y algunas de las autoridades competentes para su estudio y monitoreo y posterior conservación.
FUNDACION PANGEA	Complejos de humedales presentes en el departamento, además de cada uno de los problemas que hay presentes y de los usos del suelo de estos mismos.

5. Vulnerabilidad de los humedales frente al cambio climático	
FRANCO, DELGADO, ANDRADE, HERNANDEZ Y VALDERRAMA	Realización de estudios de vulnerabilidad con el fin de establecer como estos ecosistemas son capaces de soportar los cambios abruptos del clima, soportando en ocasiones estos cambios hasta el punto de cambiar sus composiciones físicas y químicas, y de allí la

	<p>importancia de mantener un monitoreo constante sobre ellos. Además de todo esto la importancia de elaborar un inventario de estos ecosistemas y la creación de “Complejo de Humedales” termino que nos permite caracterizar conjuntos de estos ecosistemas, y factores de vulnerabilidad a plazos cortos y que no se pueden modificar en tiempos rápidos.</p>
<p>FUNDACION HUMEDALES</p>	<p>Gran cantidad de especies de fauna y flora dentro de estos ecosistemas que hacen que crezca aún más su importancia y la importancia de entender que sus servicios no son ilimitados y de su fácil degradación, mediante los estudios de vulnerabilidad.</p>

<p>6. Beneficios de los humedales y su degradación por causas antrópicas</p>	
<p>PANGEA & CORPOCALDAS</p>	<p>Estudios realizados en los sectores del páramo de Letras y del sector del Ocho demuestran el desconocimiento por parte de la comunidad y como han degradado los humedales gracias a actividades de ganadería y cultivos de papa y otros que simplemente se secaron por completo para utilizarlos como praderas de ganadería, además también del manejo inadecuado de suelos.</p>
<p>VIVIANA CARDONA</p>	<p>Propuestas de conservación de estos ecosistemas gracias a análisis y delimitación de humedales, revisión de información bibliográfica, registros fotográficos, utilización de imágenes satelitales con el fin de hacer un seguimiento del estado y de los cambios que sufran los humedales</p>

<p>JUAN PABLO GALEANO</p>	<p>Tesis de grado en la cual el autor utilizaba como objeto de estudio los humedales de la ciudad de Bogotá donde veía la necesidad de un mejoramiento dentro de los planes de ordenamiento territorial donde se tengan a los humedales como zonas de alta fragilidad y de constante monitoreo, y de la importancia de mejor hablar de prevención y no de restauración.</p>
----------------------------------	---

<p align="center">7. Integración por parte de la sociedad a los humedales</p>	
<p>YEPES, ALVAREZ, ALEJANDRO Y RINCON.</p>	<p>Se evidencia la importancia que representa para los humedales la socialización de estos dentro de una comunidad, con el fin de hacerle a entender a las comunidades aledañas a estos ecosistemas la importancia y la gran cantidad de servicios que estos les ofrecen tanto a ellos como a todos nosotros.</p>
<p>RAMSAR</p>	<p>Nace la necesidad de crear un inventario y así poder obtener un uso racional de los humedales, de donde nacen los términos de inventario de humedales, evaluación de humedales y monitoreo de humedales, sin llegar a confundir estos tres términos puesto que ofrecen categorías diferentes de información.</p>

<p align="center">8. Herramientas de Teledetección y casos de estudio en humedales</p>	
<p>JAVIER SILVA HERRERA</p>	<p>Primera herramienta es la creación de un mapa de localización de estos ecosistemas con el fin de dar a conocer su ubicación</p>

	<p>exacta, cuantos hay, y cuáles son sus principales amenazas y de esta manera realizar un diagnóstico de estos.</p>
<p>IDEAM</p>	<p>Un gran ejemplo de degradación y desaparición de humedales es Bogotá quien en algún tiempo contaba con 50.000 hectáreas de estos ecosistemas y hoy en día a tener no menos de 1.000 hectáreas, debido tanto a actividades agrícolas como a expansión del casco urbano, de allí la importancia de crear el mapa de humedales con el fin de reducir la vulnerabilidad del país frente al cambio climático.</p>
<p>VIVIANA CARDONA</p>	<p>Según la convención RAMSAR recomienda el uso de tecnologías de teledetección y sistemas de información geográfica para la elaboración de inventarios ya sea para la identificación y delimitación, como para la identificación y seguimiento de los cambios en las características de los humedales, o como instrumento de planificación de la conservación y gestión de los humedales.</p>
<p>ALDANA Y GARZON</p>	<p>Estudio realizado en Tierra Blanca y Neuta donde se pretende conocer que cambios han sufrido los humedales de esta zona entre los años 1941 y 2006 donde se tomaron fotografías aéreas, imágenes satelitales y el software ArcGIS, donde se pudo evidenciar los cambios tan considerables que han sufrido estos ecosistemas tanto físicos como químicos, de allí la importancia de estas herramientas ya que se ha evidenciado gracias a las imágenes satelitales la gran extensión de tierra que han perdido a lo largo del tiempo.</p>
<p>BIRDLIFE</p>	<p>Estudio también utilizando imágenes satelitales realizado en el altiplano central boliviano, donde se demuestra que no solo</p>

	<p>ha habido una pérdida de los humedales sino también de especies, gracias a actividades antrópicas como la minería y el cambio del uso del suelo.</p>
<p>A C U Ñ A</p>	<p>Estudio en el cual utilizando herramientas de Teledetección, y generando un mapa de uso de cobertura del suelo y comparándolo frente a los POT, con el fin de identificar las coberturas más importantes del área de estudio, y luego haciendo una superposición de los mapas se logra evidenciar los conflictos del suelo, y allí demostrar las áreas más vulnerables, tanto por actividades antrópicas como naturales.</p>
<p>VICEMINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, BIODIVERSIDAD Y CAMBIOS CLIMATICOS DE BOLIVIA</p>	<p>Utilizando el índice normalizado de vegetación en un estudio se obtuvo que el crecimiento de la cobertura vegetal está estrechamente relacionado a la precipitación y los procesos de degradación avanzan a un ritmo acelerado, estudio que se realizó desde el año 1986.</p>
<p>G A R C I A Y L L E E L L I S H</p>	<p>Según la convención RAMSAR la escala utilizada para el estudio de humedales está estrechamente relacionada con sus objetivos y tiene una gran influencia en la selección al método a utilizar, y de esta manera se crea una matriz de contingencias con los respectivos descriptores estadísticos, ya teniendo lista esta información se utiliza el Landsat y el algoritmo ALME y así de esta manera tener claro los cambios que han sufrido los cambios que han sufrido el humedal que está siendo objeto de estudio.</p>

9. Casos de estudios multitemporales de humedales

<p>PEÑALOZA, TOCASUCHE, VASQUEZ, HURTADO, SUAREZ, MONTAÑO</p>	<p>Realizado un estudio en el humedal de capellanía en Bogotá, donde se utilizaron herramientas de teledetección y SIG, donde se evidencia un claro deterioro y pérdida de la cobertura vegetal por causas antrópicas más que todo por la idea de la construcción de una avenida.</p>
<p>SERRANO, PAEZ, KOLTER</p>	<p>El papel primordial que representan las CAR dentro de todo lo concerniente a estos ecosistemas, y donde surge la necesidad de crear formas de estudio de estos ecosistemas, delimitación y monitoreo, y donde la teledetección se convierte en una herramienta primordial y esencial.</p>
<p>CIREN</p>	<p>Estudio realizado en Chile donde se utilizaron imágenes satelitales aleatorias donde se tenían en cuenta 264 humedales presentes en esta área donde por primera medida de tomo el análisis de Detección de Cambios y con la utilización del software Erdas el cual realiza una imagen teniendo en cuenta cada una de las bandas de la imagen y del periodo de análisis.</p>
<p>CEH</p>	<p>Con la ayuda de los indicadores de productividad vegetal (NDVI), donde se utilizaron imágenes satelitales para los años 1989 – 2009, donde toman el cambio climático como un nuevo factor donde mediante al estudio de imágenes satelitales, cuales son las zonas con mayor aumento de temperatura, y de esta manera establecer un estudio más detallado sobre estas zonas, cuales son las zonas más sensibles por temperatura, cuales con más precipitación y realización de propuestas metodológicas.</p>
<p>AHUMADA, CASTRO Y ALTAMIRANO</p>	<p>La fragilidad de los humedales altoandinos se deben a diversas causas tanto naturales como antrópicas, y gracias a las</p>

	<p>herramientas de teledetección que permiten determinar la condición de estos humedales ya sea en su dinámica de vegetación, utilizando el “Índice Espectral de Humedad de la Vegetación (IHUM V).</p>
<p>ESTUPIÑAN Y FLOREZ</p>	<p>Una de las formas de estudio de estos humedales en nuestro país es dividiéndolo por regiones, de esta forma se logró evidenciar mediante un radar y las imágenes satelitales cuales eran las zonas con más humedales en el país y así determinar que humedales presentan espejo de agua temporal o permanente y así también poder determinar la hidrología y la vegetación de cada uno de estos ecosistemas.</p>

Referencias

- Acuña, A. (2010). *Identificación de áreas prioritarias de conservación enfocadas hacia la conectividad estructural del corredor encenillo (municipios de la Calera, Guasca, Sopo, Sesquilé, Guatavita), Cundinamarca*. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Adauto, M & Willem s, B. *Identificación de humedales alto andinos integrando imágenes Landsat y Aster Gdem con árbol de decisión sobre la cabecera de las cuencas pisco y pampas en Huancavelica – Perú*. Recuperado de: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1449.pdf>
- Ahumada, M., Castro, R., & Altamirano, T. (s.f). Análisis multitemporal de humedales alto andinos (Ciénaga redonda-barros Negros Pantanillo) del corredor biológico de la cuenca del salar de Maricunga, región de Atacama. Recuperado de: <http://www.agren.cl/schcs/boletines/26/files/assets/downloads/page0026.pdf>
- Aldana, C., A. & Chindicue, C. (s.f). *Análisis multitemporal humedales Tierra Blanca y Neuta municipio de Soacha sector compartir*. Recuperado de: [http://repository.unimilitar.edu.co:8080/bitstream/10654/11888/2/An%C3%A1lisis%20Multitemporal%20Humedales%20Municipio%20de%20Soacha%20sector%20Compartir%20\(2\).pdf](http://repository.unimilitar.edu.co:8080/bitstream/10654/11888/2/An%C3%A1lisis%20Multitemporal%20Humedales%20Municipio%20de%20Soacha%20sector%20Compartir%20(2).pdf)
- Bernar, J. (2010). *Los humedales, los microecosistemas*. Bogotá, Colombia: Orbis editores.
- BirdLife International (2013) *Metodologías participativas para la planeación de la conservación en los Lagos Poopó y Uru Uru*. Presented as part of the BirdLife State of the world's birds website.

Cardona, V. (2012). *Importancia de la hidrología en el estudio de humedales por medio de imágenes landsat*. Recuperado de: [https://prezi.com /m edj3a04duhz/im portancia-de-la-hidrologia-en-el-estudio-de-humedales-por-medio-de-im agenes-landsat/](https://prezi.com/m edj3a04duhz/im portancia-de-la-hidrologia-en-el-estudio-de-humedales-por-medio-de-im agenes-landsat/)

CIREN. (2011). *Análisis multitemporal de cambios ocurridos en humedales utilizando imágenes satelitales periodo 1984 – 2011*. Recuperado: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream /handle/123456789/6380/CIREN -HUM ED005.pdf>

----- (2010). *Caracterización base de vegas y bofedales altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. Primera parte: región de Antofagasta*. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/10958>

CEH, (2010). *Cambios Globales que afectarían la biodiversidad asociada a los sistemas de humedales*. Recuperado de: <http://noticias.universia.cl/ciencia-nt/noticia/2010/09/24/492248/cambios-globales-afectarian-biodiversidad-asociada-sistemas-humedales-norte-chile.html>

CORPOCALDAS. (2005). *Análisis de las variables climáticas y antropogénicas mediante dinámica de sistemas en humedales alto-andinos en el sector El Ocho y Paramo de Letras*. Recuperado de http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/772/revista_corpocaldas_2.pdf

Dahl, Thomas. (s.f). *Remote sensing as a tool for the design of environmental monitoring and management plans in wetlands*. <http://www.fws.gov/wetlands/Documents% 5CRemote-Sensing-as-a-Tool-for-Monitoring-Wetland-Habitat-Change.pdf>

Estupiñán, L. & Flórez, C. (2014). Avances en la detección de humedales en Colombia usando imágenes multitemporales modis del índice normalizado y diferenciado de vegetación. En Parra, J. (Presidencia), *La geoinformación al servicio de la sociedad*. XVI Simposio internacional SELPER, Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial Capítulo Colombia, Medellín.

Franco, L., Delgado, J. & Andrade, G. (2013, 2 de julio). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. *Revista Universidad Nacional*. Recuperado de: http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/37018/pdf_273

Fundación Humedales. (2010) *Humedales Altoandinos frente al cambio climático*. Recuperado de: <http://www.fundacionhumedales.org/publicaciones.html>

Galeano, J., P (2016). *El uso del suelo en el caso de humedales*. Recuperado de: <http://www.unilibre.edu.co/verbaiuris/25/el-uso-del-suelo-en-el-caso-de-los-humedales.pdf>

García, E. & Lleellish (2009, 12 de Agosto). Cartografiado de bofedales usando imágenes de satélite Landsat en una cuenca altoandina del Perú. *Revista de teledetección*. Recuperado de: http://www.aet.org.es/revistas/revista38/Numero38_09.pdf

García, E. & Otto, M. (2006). Evaluación de bofedales en la cabecera cuenca del río santa. Recuperado de: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/02/5.2-Evaluacion-de-bofedales-en-la-cuenca-del-Rio-Santa-ANA_EgarciaMotto.pdf

Herrera, J. (10 de Febrero de 2015). Creación del primer mapa de humedales en el país. *El tiempo*. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/mapa-de-humedales-en-colombia/15222937>

IDEAN. (2015). *Presentación de avances en la identificación de humedales en Colombia*. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhhRhJ/content/id/227409

INNOVA. (2010). *Caracterización base de vegas y bofedales altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. Primera parte: región de antofagasta*. Recuperado de: sitha.ciren.cl/infohumedales-antofagasta/146-humedales/76

Magaña, V. (2011). *Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Humedales del Golfo de México*. Recuperado de: http://awsassets.panda.org/downloads/librohumedales_baja_julio2011.pdf

Ministerios de Ambiente y Desarrollo sostenible (2015). *Humedales*. Recuperado de: <http://www.ambiente.gov.ar/default.asp?IdArticulo=344>

PANGEA. (2010). *Plan de manejo Complejos de Humedales Altoandinos*. Recuperado de: <http://www.fundacionpangea.es/index.php/es/proyectos-es-sup>

----- (2007). *Análisis de las variables climáticas y antropogénicas mediante dinámica de sistemas en humedales alto-andinos en el sector El Ocho y Paramo de Letras*. Recuperado de :

Peñaloza, L., Tocasuche, N. Vásquez, E., Hurtado, P., Suarez, P., & Montaña, A. (2014) Análisis multitemporal del impacto ambiental en el humedal capellanía a través del uso de imágenes multisensor. En Parra, J. (Presidencia), *La geoinformación al servicio de la sociedad*. XVI Simposio internacional SELPER, Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial Capítulo Colombia, Medellín.

R A M S A R . (2 0 1 4) . *La importancia de los humedales*. Recuperado de:
<http://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-importancia-de-los-humedales>

S m a r t l a n d , (2 0 1 5) . *Estudio multitemporal de cambios en la cobertura vegetal de los sistemas lacustres del sur del Ecuador con enfoque de cuencas hidrográficas, monitoreo mediante tecnologías de información geográfica*. Recuperado de:
http://www.smartland.utpl.edu.ec/sites/default/files/multitemporal_cambios_cobertura_vegetal.pdf

S e r r a n o , C . , P á e z , A . & K o l t e r , L . (2 0 0 8) . *Situación de los páramos en Colombia frente a la actividad antrópica y el cambio climático*. Recuperado de:
<http://fundacionecoan.org/Documentos/Eventos/libro4.pdf>

S i l v a , F . , (2 0 1 0) . *Análisis multitemporal de cuencas de los humedales Altoandinos prioritarios de Chile*. Recuperado de: <http://www.ceh.cl/wp-content/uploads/2011/03/Informe-Final-Analisis-Multitemporal-Humedales-1.pdf>

S P N N . (2 0 1 1) . *Parques nacionales naturales de Colombia*. Recuperado de:
<https://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/INFORMEEMPALMEFINAL.pdf>

W W F . (s . f) . *Humedales alto andinos: ecosistemas estratégicos que ofrecen servicios ambientales para el bienestar de millones de personas*. Recuperado de:
http://awsassets.panda.org/downloads/los_humedales_altoandinos_es.pdf

V e r d u g o , N . (2 0 1 0) . *Avances en la delimitación de los grandes complejos de humedales continentales del territorio colombiano*. Recuperado de:
http://www.invemar.org.co/redcosteral/invemar/docs/RinconLiterario/2010/mayo/NA_45.pdf

Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos.(s.f). *Segunda Comunicación Nacional Del Estado Plurinacional De Bolivia Ante La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático* .Recuperado de:
<http://unfccc.int/resource/docs/natc/bolnc2exsums.pdf>

Yepes, G., Álvarez, A. & Rincón, S. (2014). *Participación comunitaria para la construcción de lineamientos de uso y conservación de humedales altoandinos. Experiencia piloto en el sector el ocho y páramo de letras*. Recuperado de:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190924742014000100016&script=sci_arttext&tlng=es

Zeballos, G., Soruco, A., Cusicanqui, D., Joffré, R & Rabatel, A. (2014). Uso de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación y sistemas de información geográfica para caracterizar la dinámica espacial de glaciares y humedales de alta montaña en Bolivia. *Ecología en Bolivia*. Recuperado de :
https://www.researchgate.net/publication/270286527_Uso_de_imagenes_satelitales_modelos_digitales_de_elevacion_y_sistemas_de_informacion_geografica_para_caracterizar_la_dinamica_espacial_de_glaciares_y_humedales_de_alta_montana_en_Bolivia