

CASO DE ESTUDIO

Monitoreo de Humedales Altoandinos:
Hacia la Protección Integral de Nuestro Ecosistema



CASO DE ESTUDIO

Monitoreo de Humedales Altoandinos: Hacia la Protección Integral de Nuestro Ecosistema

PROBLEMA

Los humedales son zonas húmedas (ríos, lagos, pantanos, zonas de transición), que entregan amplios beneficios para la vida silvestre y las personas. Algunos de estos beneficios, incluyen el brindar hábitats para la vida silvestre, son corredores biológicos, evitan inundaciones y mantienen un flujo constante de agua en períodos secos, depuran las aguas, permiten recargar napas subterráneas, son parte del sustento de comunidades indígenas y permiten el turismo y la recreación de las personas.

Su **ubicación geográfica**, hace que exista una alta presión antrópica sobre ellos, sobre todo para los humedales altoandinos, lo que puede llegar a producir actividades de extracción de aguas y pastoreo excesivo.

Por ello es de suma importancia



mantener un monitoreo constante sobre ellos, de manera de prevenir su destrucción y controlar las actividades que se desempeñen tanto dentro como en los alrededores del humedal.

La Superintendencia Del Medio Ambiente realizó un estudio, que terminó con la clausura de pozos en uno de estos humedales en la región de Atacama. Dicho estudio es replicado con las herramientas del DataCube del DO.

La construcción del flujo de trabajo es sencilla y directa, y el resultado de este estudio de caso concuerda con las conclusiones alcanzadas por la SMA para la misma zona.

Cada uno de estos pasos está documentado en un notebook de Jupyter; volver a realizar análisis similares podría tomar muy poco tiempo. La construcción de las funciones necesarias para la replicación de este estudio tomó 3 días (24 horas de trabajo), pero dado que esta base ya está lista y guardada, bastaría con cambiar la ventana de tiempo y/o el área de estudio y volver a lanzar el análisis. Si se considera una extensión similar, hacer esto podría tomar menos de 10 minutos, y el proceso completo podría ser completamente automatizado, lo que permitiría un monitoreo en tiempo real.

Rol del DO

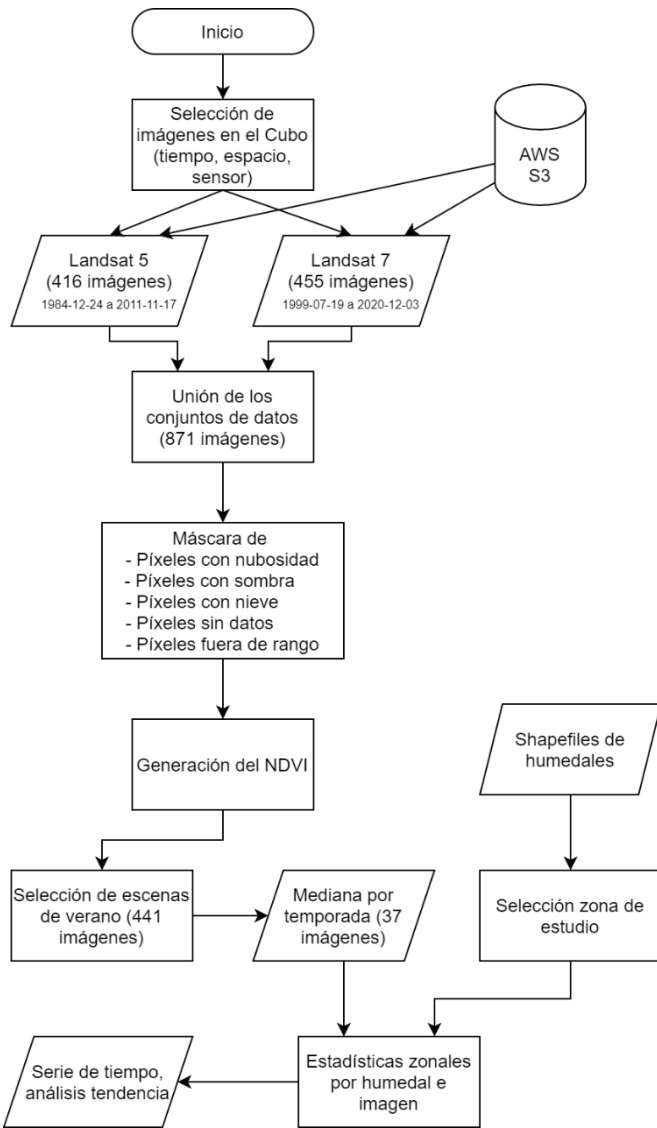
La solución implementada por el DO es rápida, eficiente y de bajo costo. Gracias a que se dispone de la cobertura completa de Landsat (5, 7 y 8) y Sentinel-2 para todo Chile, es posible realizar estudios para todo el territorio nacional.

Junto a CSIRO, se ha levantado toda una infraestructura que permite operar el cubo en la nube, en AWS. Esta plataforma permite que todo el análisis pueda ser conducido en un solo lugar, y facilita su replicación por medio de código (Python) en un formato fácilmente intercambiable (Jupyter notebook). Esta es una de las grandes ventajas del cubo que el DO proporciona, ya que otras herramientas similares carecen de la alta flexibilidad que ofrece este ambiente de trabajo. Adicionalmente, y en caso de que sea requerido, es posible integrar cualquier otro tipo de imagen (vuelos aéreos y otros sensores).

Si el área de trabajo es extensa, el sistema puede ser fácilmente escalado para cumplir con los requerimientos necesarios para llevar a cabo el análisis.

Por otro lado la información cargada debe ser previamente validada (o en su defecto, entregar las herramientas necesarias para que el usuario lo haga), lo cual implica un importante proceso constante de revisión que el DO se encarga de mantener y gestionar.

Otra importante labor del DO, es prestar asistencia técnica para la resolución de problemas como este, ayudando en la generación de los flujos de trabajo y optimizando los procesos cuando sea posible y necesario.



Para la zona en estudio (sureste del Volcán Copiapó), se evaluó el periodo comprendido entre el 24-12-1984 (primera imagen de Landsat 5) y 03-12-2020 (última imagen Landsat 7). Se optó por utilizar sólo Landsat 5 y 7, y no Landsat 8 para homologar el estudio al método aplicado por la SMA, dado que este último tiene una composición radiométrica diferente. Durante el periodo comprendido entre el 19-07-1999 y el 17-11-2011, se pudo contar con imágenes de ambos sensores.

Se utilizaron las bandas de calidad para marcar los píxeles que no contenían datos, tenían nubes, sombra de nubes y nieve, y la banda de calidad radiométrica para marcar aquellos que estaban saturados. Dichos píxeles fueron excluidos del análisis por medio de máscaras.

Para facilitar el análisis, se utilizó el índice de diferencia normalizada (NDVI), el cual es usado ampliamente para monitorear el estado de la vegetación. Este índice se calcula de la forma:

$$NDVI = \frac{nir - red}{nir + red}$$

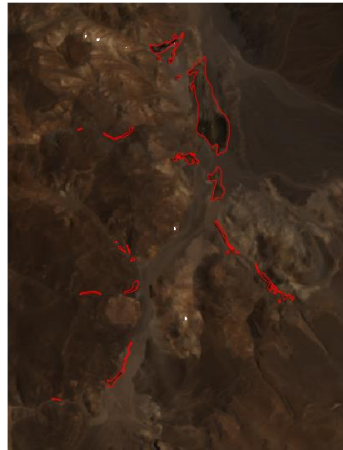
donde "nir" corresponde a la banda infrarroja y "red" a la banda roja del sensor. Dicho índice, fue calculado para cada una de las escenas obtenidas.

Se resumió la información por temporada, específicamente verano (diciembre, enero, febrero y marzo), por medio de la mediana, para obtener como resultado una imagen por temporada. En este proceso, se pasó de las 871 imágenes iniciales a 441 (sólo temporada de verano) y, finalmente, a 37 imágenes que corresponden a una imagen por temporada/año, para todo el periodo en estudio.

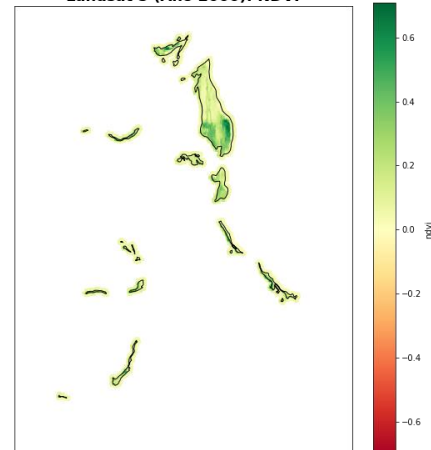
Se extrajo la información pertinente de los humedales, utilizando un archivo vectorial (formato shapefile), con el área que abarca cada uno, descargado desde la base de datos del MMA.

Con esta información se pudo armar la serie temporal anualizada por humedal, lo que posteriormente permitió calcular tendencias y contrastar los resultados obtenidos con anterioridad, llegando a las mismas conclusiones.

Landsat 5 (Año 2000): Color Verdadero



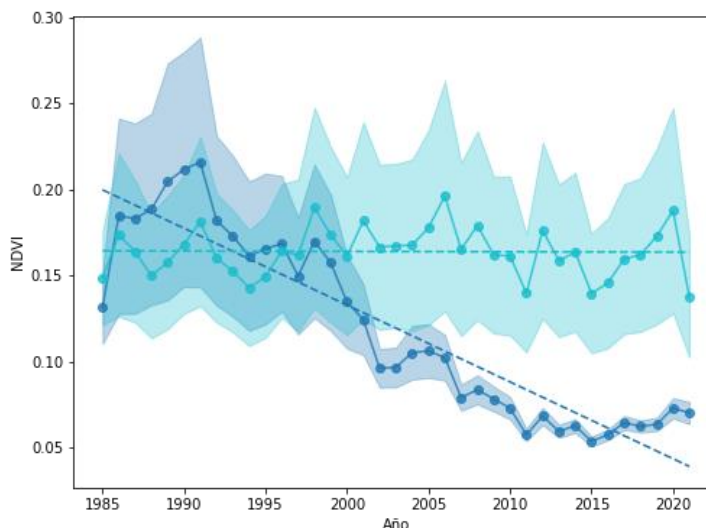
Landsat 5 (Año 2000): NDVI



Resultados



El humedal estudiado por la SMA es el HU-OT-4023, el cual presentó una disminución de la vegetación constante y significativa según los análisis realizados, lo que determinó sanciones contra la minera. En este análisis se llegó a las mismas conclusiones, cuyos resultados se pueden apreciar en la figura de la derecha (humedal control HT-OT-4024 con línea celeste, y el humedal en cuestión, HU-OT-4023 en línea azul). En ella se puede apreciar, como desde el 2015 (cierra de las actividades mineras en el sector), el humedal comenzó un proceso de recuperación.



Solución del DO

El cubo de datos, funciona principalmente sobre la librería de Python OpenDataCube, que a su vez está contenida en una imagen que es montada sobre una máquina en Amazon, mientras los datos están almacenados en buckets de S3 (públicos o privados). Las imágenes para Chile, fueron previamente ingestadas (Landsat 5, 7 y 8) desde el sitio del USGS.

Por defecto, se asigna una máquina en EC2 con 32 GB de RAM, Intel Xeon de 8 núcleos (2.5GHz), de la familia m5 large. Para este estudio dicha capacidad fue suficiente, pero de ser necesario, esta puede ser aumentada por medio de nodos de Dask (instancia spot de 8 núcleos y 32GB de RAM).

Aplicando el mismo estudio a nivel regional, se podrían utilizar 15 nodos de Dask, para un poder de cómputo



total de 120 núcleos y 480GB de RAM. Al estar en la nube, la capacidad de escalamiento es prácticamente ilimitada e instantánea, lo que facilitaría una implementación de monitoreo continuo, que además es completamente personalizable, a diferencia de otras alternativas similares.

Este ambiente de trabajo posee una gran cantidad de librerías auxiliares, incluidas TensorFlow para análisis

más específicos de Machine Learning. En caso de ser necesario, otras librerías podrían ser cargadas lo que permite otorgar al cubo una alta flexibilidad en cuanto a sus capacidades de operación.

Toda la información generada en el cubo puede ser posteriormente exportada como tablas, gráficos, imágenes o formatos específicos de trabajo (como netcdf) para poder llevar los resultados a otras plataformas.

Actualmente se trabaja en completar este estudio y agregar el análisis píxel a píxel según lo elaborado por la SMA, lo cual permitiría transformar este análisis en una herramienta de monitoreo de mayor potencia, lo que representa una gran ventaja al poder realizar todo el proceso en una única plataforma.

SMA

“La Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) es un servicio público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del presidente de la República a través del Ministerio del Medio Ambiente”.

“A la SMA le corresponde de forma exclusiva ejecutar,

organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley.”

Agradecimientos

- ▶ Superintendencia del Medio Ambiente
- ▶ CSIRO Chile Research Foundation

Autores

Análisis e Información

Álvaro Paredes L.

Rodrigo A. Carrasco