

Tablero sobre geoservicios WCS: Integración de Python y R para el monitoreo automatizado de servicios geoespaciales

Dashboard on WCS Geoservices: Integration of Python
and R for Automated Monitoring of Geospatial Services

Painel sobre Geosserviços WCS: Integração de Python
e R para o Monitoramento Automatizado de Serviços
Geoespaciais

Luis Reynoso¹

¹ Facultad de Informática, Universidad Nacional del Comahue; Dirección Provincial de
Catastro e Información Territorial, Subsecretaría de Ingresos Públicos, Ministerio de
Economía de la Provincia del Neuquén.

*: luis.reynoso@fi.uncoma.edu.ar

Resumen: La Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina promueve la interoperabilidad y el acceso libre a datos geoespaciales mediante servicios normalizados. En este contexto, se desarrolló un tablero interactivo que permite visualizar y analizar el estado de los servicios WCS publicados por diversas jurisdicciones. La metodología combina la recolección automatizada de metadatos mediante *scripts* en Python con la construcción de un *dashboard* visual en R utilizando *flexdashboard* y tablas interactivas reactable. El sistema automatizado permite detectar en un momento en el tiempo el estado, inconsistencias y características técnicas de los geoservicios WCS y sus coberturas, generando una herramienta ágil de consulta para la toma de decisiones y el fortalecimiento de la infraestructura geoespacial nacional. El tablero integra datos provenientes de múltiples fuentes institucionales, enriquecidos con información derivada del análisis técnico de coberturas geoespaciales en distintos formatos.

Palabras Clave: *geoservicios WCS, coberturas, metadatos de geoservicios WCS, CRS, tableros.*

Abstract: The Spatial Data Infrastructure of the Argentine Republic (IDERA) promotes interoperability and open access to geospatial data through standardized services. Within this framework, an interactive dashboard was developed to visualize and analyze the status of WCS (Web Coverage Service) published by different jurisdictions. The methodology combines automated metadata collection using Python scripts with the construction of a visual dashboard in R, implemented through flexdashboard and reactable interactive tables. The automated system allows for real-time detection of the status, inconsistencies, and technical characteristics of WCS geoservices and their coverages, providing an agile consultation tool for decision-making and for strengthening the national geospatial infrastructure. The dashboard integrates data from multiple institutional sources, enriched with information derived from the technical analysis of geospatial coverages in various formats.

Keywords: *WCS geoservices, coverages, WCS metadata, CRS, dashboards.*

Resumo: A Infraestrutura de Dados Espaciais da República Argentina (IDERA) promove a interoperabilidade e o acesso livre a dados geoespaciais por meio de serviços padronizados. Nesse contexto, foi desenvolvido um painel interativo que permite visualizar e analisar o estado dos WCS (Web Coverage Service) publicados por diferentes jurisdições. A metodologia combina a coleta automatizada de metadados com scripts em Python e a construção de um painel visual em R, implementado com flexdashboard e tabelas interativas reactable. O sistema automatizado possibilita a detecção, em tempo real, do estado, inconsistências e características técnicas dos geosserviços WCS e de suas coberturas, constituindo uma ferramenta ágil de consulta e apoio à tomada de decisões, além de contribuir para o fortalecimento da infraestrutura geoespacial nacional. O painel integra dados provenientes de múltiplas fontes institucionais, enriquecidos com informações derivadas da análise técnica de coberturas geoespaciais em diferentes formatos.

Palavras-chave: *geosserviços WCS, coberturas, metadados de WCS, CRS, painéis.*

INTRODUCCIÓN

El acceso a información geoespacial confiable y actualizada es un pilar esencial para la planificación territorial, la gestión de recursos, la toma de decisiones públicas y el desarrollo sustentable. En un país con una diversidad geográfica y administrativa como Argentina, disponer de una infraestructura de datos espaciales (IDE) sólida y actualizada resulta crucial para articular esfuerzos interjurisdiccionales. IDERA promueve que los organismos fuente de información geoespacial (IG) difundan sus geoservicios con el fin de fortalecer el intercambio, gestión y evitar la duplicación de esfuerzos.

Uno de los geoservicios que más se está comenzando a utilizar (luego de los geoservicios WMS y WFS) es el servicio *Web Coverage Service* (WCS) o Servicio de Cobertura Web. La interfaz estándar WCS de *Open Geospatial Consortium* (OGC) proporciona una interfaz que permite realizar peticiones de cobertura geográfica a través de la web utilizando llamadas independientes de la plataforma. Las coberturas son objetos (o imágenes) en un área geográfica que pueden ser descargados, editados y analizados espacialmente, a diferencia de la interfaz WMS que devuelve solo una imagen, que los usuarios no pueden editar o analizar espacialmente.

El propósito de desarrollar un tablero sobre WCS es recopilar en forma automatizada la información más importante sobre estos geoservicios para fortalecer su conocimiento, su uso y sus metadatos (provistos en el geoservicio), para elaborar estadísticas acerca de su estado de publicación por diferentes jurisdicciones, organismos y dependencias principales en el país.

Los geoservicios OGC son cada día más utilizados, esto se puede fundamentar en el crecimiento de los mismos a través del tiempo en la República Argentina. Este es otro de los objetivos de construir tableros: poder evaluar la calidad de los geoservicios y medir su evolución en el tiempo. Por otro lado, los tableros nos permiten identificar los productores de información geoespacial primarios, para contactarlos e involucrarlos en la difusión de experiencias y las mejores prácticas empleadas.

Sin embargo, el monitoreo y evaluación continua del estado y calidad de estos servicios representa un desafío considerable. La diversidad de configuraciones dificulta una visión consolidada del ecosistema de servicios disponibles. Por ello, se desarrolló una solución técnica basada en la automatización de la recolección de metadatos de servicios WCS y su visualización mediante un tablero web interactivo. Esta estrategia permite centralizar información, detectar errores involuntarios, evaluar parámetros técnicos como el sistema de referencia (CRS), la cantidad de bandas (una banda espectral en una imagen satelital corresponde a un intervalo específico de longitudes de onda del espectro electromagnético que es registrado por un sensor remoto (Chuvieco, 1995)), los formatos soportados, y brindar una herramienta visual e interactiva para usuarios técnicos y no técnicos.

En esta ponencia describimos el estudio realizado: la sección 2 describe la hipótesis de trabajo y objetivos, la sección 3 describe la metodología empleada, la sección 4 describe los atributos recuperados de servicios WCS, la sección 5 detalla los atributos de las coberturas, la sección 6 incluye las estadísticas elaboradas hasta el momento y la sección 7 se enfoca en el proceso de recolección de datos y la implementación del tablero (*dashboard*). Finalmente, se enuncian conclusiones generales y referencias bibliográficas.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

A partir de la pregunta ¿Es viable construir un tablero interactivo utilizando R y Python que permita relevar, monitorear y visibilizar geoservicios WCS publicados por diversas

jurisdicciones, combinando información técnica recolectada de forma automatizada con datos institucionales proporcionados por los organismos responsables?, se establece como hipótesis de este trabajo que esta herramienta facilitará la detección de servicios inactivos y sentará las bases para una metodología escalable y adaptable a nuevas demandas.

Los principales objetivos del presente trabajo son:

- Diseñar un sistema que posibilite el seguimiento y análisis de servicios WCS distribuidos en diferentes niveles jurisdiccionales.
- Vincular los aspectos técnicos extraídos automáticamente con los datos administrativos correspondientes a cada organismo responsable.
- Presentar la información recopilada mediante una interfaz visual dinámica, comprensible y accesible.
- Identificar y reportar la inactividad o mal funcionamiento de los servicios relevados.
- Proponer un enfoque metodológico flexible que permita su reutilización y expansión en futuros proyectos.

METODOLOGÍA

Dos aspectos relevante de la metodología empleada son:

- Recolección automatizada de metadatos con *Python*: El proceso de cosecha de metadatos se realizó mediante un cuaderno de trabajo (notebook) en *Jupyter Notebook*, utilizando bibliotecas como *owslib*, *requests*, *rasterio*, *pandas* y *matplotlib*. Se utilizó la biblioteca *rasterio* (Gilles, 2013) para la lectura y análisis de datos ráster, permitiendo extraer dimensiones, tipos de datos y generar representaciones gráficas. La elección de estas bibliotecas se basó en su robustez, compatibilidad con servicios OGC y su flexibilidad para manipular y analizar datos geoespaciales. El uso de *Jupyter Notebook* como entorno principal de desarrollo permite documentar, ejecutar y compartir *workflows* reproducibles, lo cual ha sido destacado por Kluyver et al. (2016) como una ventaja clave en ciencia computacional abierta. *Jupyter Notebook* no solo facilita la integración de bibliotecas, sino también el mantenimiento de notebooks reproducibles, una característica que ha sido destacada en publicaciones recientes como Perkel (2018)
- Generación del Tablero html: El tablero se desarrolló utilizando lenguaje R y el entorno R Studio. La librería *reactable* de R permitió estructurar la información sobre WCS y sus coberturas y el paquete *plotly* posibilitó generar estadísticas.

GEOSERVICIO WCS

El tablero muestra información propia de los geoservicios WCS. Los *metadatos* que contiene el tablero sobre los geoservicios WCS en sí, se indican a continuación (algunos de ellos son explicados en detalle en una subsección cuando la descripción es más extensa):

- **Url del Geoservicio WCS:** La dirección url del geoservicio.
- **Organismo:** El nombre del organismo que publica el geoservicio.
- **Dependencia:** El nombre del ministerio, provincia ó universidad, del cual depende el organismo.
- **Jurisdicción:** La jurisdicción a la cual depende el organismo, puede ser esta: Nación, Provincia, Municipio, Universidad o Privado.
- **Cantidad de coberturas:** Debido a que cada WCS contiene al menos una o más coberturas, el tablero muestra este *indicador de tamaño* del WCS.
- **Estado:** El estado en el cual se encontraba el WCS una vez ejecutado el proceso de generación del tablero WCS. Respecto de los valores admisibles de este atributo, este asume uno de dos valores: *online* si está en línea, *offline* en otro caso.
- **Proveedor:** Nombre del Proveedor del geoservicio. Esta información está presente como metadato en el geoservicio WCS. Algunos WCS han dejado este dato incompleto.
- **Tipo:** El tipo de geoservicio, por lo general el valor es: urn:ogc:service:wcs
- **Versión:** La versión del geoservicios WCS de OGC implementada.

Operaciones

No todos los servicios WCS tienen habilitadas todas las operaciones que se definen en el estándar WCS. La disponibilidad de operaciones puede variar según la implementación del servicio y cómo esté configurado.

- **GetCapabilities:** Proporciona información sobre los servicios, sus metadatos y coberturas disponibles.
- **GetCoverage:** Recupera datos de cobertura en el formato solicitado.
- **DescribeCoverage:** Ofrece una descripción detallada de las coberturas disponibles, incluyendo metadatos y estructura.
- **Operaciones Opcionales:** Algunos servicios pueden implementar operaciones adicionales o personalizadas basadas en las necesidades del usuario o especificaciones del proveedor.

El proveedor del servicio puede no habilitar ciertas operaciones por razones de se-

guridad, rendimiento o simplemente porque no son necesarias para los usuarios del servicio.

Versiones del Estándar

La versión del estándar WCS implementada en el servicio puede influir en las operaciones disponibles. Por ejemplo, WCS 1.0.0 puede no tener algunas operaciones que están disponibles en versiones posteriores como WCS 1.1.0 o WCS 2.0.1.

Implementación del Proveedor:

Cada proveedor puede elegir qué operaciones implementar en su servicio WCS. No todos los servicios implementan todas las operaciones del estándar.

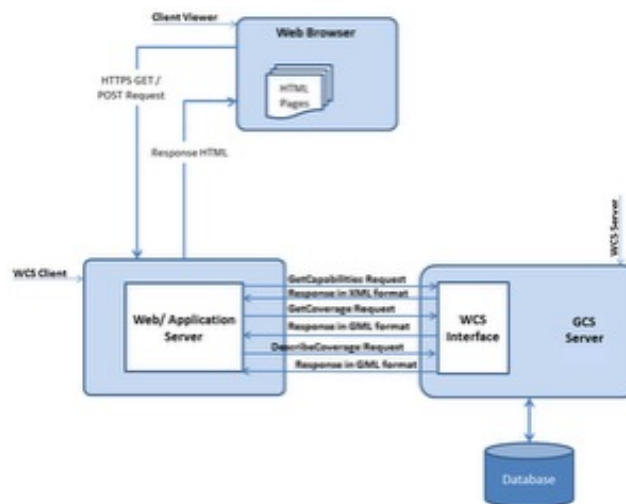


Figura 1. Operaciones de Geoservicios WCS

Fuente: https://securewatchdocs.maxar.com/zh-cn/Miscellaneous/DevGuides/WCS/WCS_Coverage.htm

COBERTURAS

Una cobertura es

la cubierta (bio)física observable de la superficie terrestre, como la vegetación natural (arbórea, arbustiva, herbácea), suelo desnudo, rocas, agua, y elementos antrópicos de la actividad humana (cultivos, infraestructuras, edificios, etc.) (Di Gregorio, 2005).

Además de la definición de Di Gregorio (2005), se retoman aquí los enfoques de Latham et al. (2002) sobre metodologías integradas para la clasificación y mapeo de cobertura del suelo, particularmente en contextos de análisis multiescala. La calidad de las coberturas depende de múltiples factores, incluyendo la resolución espacial y la coherencia temática. Estudios como el de Aune-Lundberg y Strand (2021) han analizado la precisión temática de conjuntos como CORINE Land Cover, evidenciando limita-

ciones y oportunidades de mejora.

Cada cobertura de cada WCS es descripta en base a los siguientes atributos:

- *Coverage_ID*: la identificación de la cobertura.
- *Native_SRS*: el CRS de la cobertura
- *Envolvente*: representa las coordenadas (caja) que encierran la cobertura.
- *Ancho*: Ancho de la cobertura.
- *Alto*: alto de la cobertura.
- *CRS*: El sistema de referencia de coordenadas o CRS en inglés (Coordinate Reference System)
- *Dtype*: el tipo de dato de la celda.
- *Tamaño*: Obtenido como Ancho x Alto.

Dimensión

Las dimensiones se refieren a los ejes de coordenadas que definen la cobertura. Las dimensiones pueden asumir valor 2, 3, 4, etc. Las dimensiones comunes incluyen x (longitud), y (latitud) en el caso de coberturas cuya dimensión es 2 (es decir 2D). Otras incluyen z (elevación o profundidad), ejemplo si la dimensión es 3. Además, algunas coberturas pueden tener una dimensión temporal (time). Las dimensiones describen el espacio en el que los datos están distribuidos, pero no especifican el contenido de las bandas.

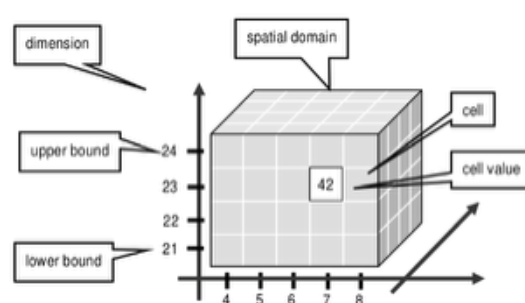


Figura 2

Fuente: <https://inspire.rasdaman.org/apps/jupyter-notebook/app/index.html>

Cantidad de Bandas

Este es un dato importante, en el tablero podemos observar que muchas de las coberturas tienen solo una banda, en cambio algunas coberturas de Tucumán, si cuentan

con más de una banda, lo cual permite realizar estudios más complejos con datos primarios de las imágenes.

Formatos Soportados

Un ejemplo de la extracción de los formatos soportados por la cobertura es:

```
['application/gml+xml', 'application/x-gzip', 'image/jpeg', 'image/png', 'image/tiff', 'image/tiff;application=geotiff', 'text/plain']
```

El mismo es procesado para visibilizar un formato más legible en base a las categorías siguientes:

Imágenes: JPEG - (format=jpeg), GIF - (format=gif), PNG - (format=png), Tiff - (format=tif), BMP - (format=bmp)

Formatos Georeferenciados: GeoTiff - (format=geotiff), GML Coverage - (format=application/gml+xml).

Imagen en miniatura (thumbnail image) de la cobertura

Para el ejemplo de la cobertura: idecor__bccba_pp_nov24 del geoservicios WCS del organismo Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR) el tablero permite visualizar un thumbnail de la cobertura, es decir una representación visual pequeña y compacta de un contenido más grande:

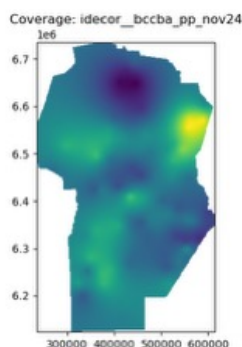


Figura 3. Ejemplo de thumbnail (.png) de la cobertura

El *thumbnail* se visualiza para algunas coberturas en formato png, cuando la resolución de la cobertura permitió automatizar su generación. Para coberturas muy grandes si bien fue posible generar el .tif el archivo no se incluyó por limitaciones de espacio en el servidor web.


```
{ "urlWCS": "https://idecor-wcs.mapascordoba.gob.ar/geoserver/idecor/wcs",  
  "Coverage_ID": "idecor__bccba_pp_nov24",  
  "Native_SRS": "http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/32720",  
  "Bounding_Box": "(235533.2905555368, 6123195.048216723, 614872.7446990268,  
6736207.606112603)",  
  "Axis_Labels": "[ 'i', 'j' ]",  
  "Dimension": 2,  
  "w": 249,  
  "h": 403,  
  "Supported_Formats": "[ 'application/gml+xml', 'image/jpeg', 'image/png', 'image/tiff',  
'image/tiff;application=geotiff', 'text/plain' ]",  
  "Number.of.Bands": 1,  
  "CRS": "EPSG:32720",  
  "dtype": "float32",  
  "Size": 101000  
}
```

Visualización avanzada y validación visual

Uno de los aspectos distintivos del tablero es la inclusión de imágenes en miniaturas generadas automáticamente para cada cobertura. Estas visualizaciones se utilizan para validar visualmente el contenido y detectar posibles errores en la publicación del servicio (cobertura vacía, mal georreferenciada, color uniforme, etc.). Las visualizaciones fueron implementadas en RStudio utilizando *flexdashboard*, *reactable* y *plotly*, herramientas recomendadas por la propia documentación oficial (Posit Team, 2025). Las miniaturas fueron generadas con el paquete *matplotlib* de *Python*.

ESTADÍSTICAS

Se desarrollaron estadísticas e indicadores sobre los geoservicios y sus coberturas. Se emplearon funciones de *plotly* para los gráficos interactivos, lo que permite seleccionar sectores del gráfico, aplicar filtros dinámicos y exportar imágenes de alta calidad.

Se obtuvieron estadísticos sobre:

- Cantidad de WCS publicados por la comunidad de IDERA: Indicador (6 WCS)
- Cantidad de coberturas total: Indicador (155 coberturas)
- Cantidad de coberturas por jurisdicción: Gráfico de donut.

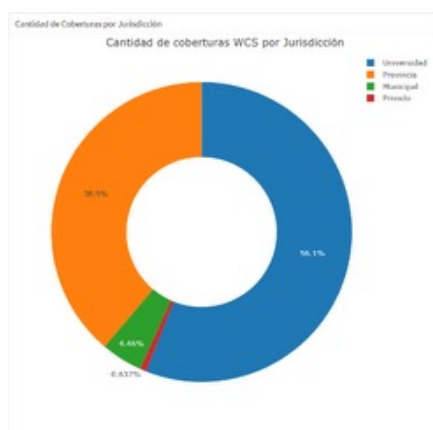


Figura 4. Estadísticas sobre coberturas por jurisdicción

Las jurisdicciones de Provincias y Universidades son las que más coberturas publican. Los gráficos mostrados aquí son ilustrativos y corresponden al momento de envío del trabajo, los mismos pueden diferir de su estado actual en el tablero WCS (debido a que el mismo pudo haberse actualizado).

Se observa que la mayoría de las coberturas publicadas solo cuentan con una banda.

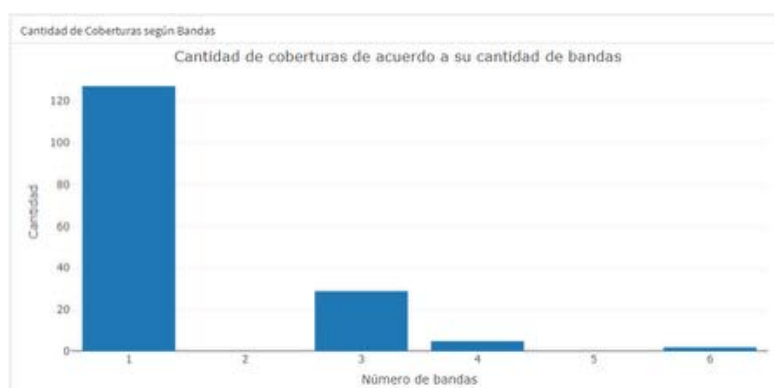


Figura 5. Cantidad de Coberturas según cantidad de bandas



Figura 6. Cantidad de coberturas según los CRS empleados

El CRS más empleado es WGS84 (EPSG:4326) con 63 capas, luego WGS 84 / UTM zone 20S (EPSG:32720) con 56 capas, EPSG:22174 (Posgar 98/ Argentina 4) con 9 capas, EPSG:5345 (Posgar 2007/Argentina 3) con 6 capas, EPSG:22175 (Posgar 98/ Argentina 5) con 2 capas, EPSG:26713 (NAD27 / UTM zone 13N) con 1 capa, EPSG:3857 (WGS 84/ Pseudo_Mercator) con 1 capa y EPSG:32633 (WGS 84/UTM Zone 33N) con 1 capa. Luego algunas conclusiones son:

Predominio de WGS84 (EPSG:4326): El uso mayoritario de WGS84 (con 63 capas) refleja una clara preferencia por un sistema de referencia global ampliamente compatible con aplicaciones web, estándares OGC y visualización geoespacial interactiva.

Alta presencia de UTM zona 20S (EPSG:32720): El segundo CRS más común, con 56 capas, es específico para la región sur de América del Sur (incluyendo parte de Argentina y Uruguay). Esto indica que muchos servicios priorizan precisión regional, lo cual es adecuado para aplicaciones técnicas o locales.

Diversidad de sistemas nacionales (POSGAR): La presencia de varios CRS basados en POSGAR (EPSG:22174, 5345, 22175) muestra la continuidad del uso de sistemas oficiales argentinos, aunque en menor medida frente a los CRS globales.

Baja frecuencia de CRS menos comunes: La existencia de capas aisladas con CRS como NAD27 (EPSG:26713), Pseudo-Mercator (EPSG:3857) o UTM 33N (EPSG:32633) indica una posible falta de normalización o el uso de datos heredados. Estos casos podrían requerir atención especial si se busca homogeneizar la infraestructura de datos.

Necesidad de estandarización: La diversidad de CRS utilizados sugiere que, aunque existe una orientación hacia estándares globales como WGS84, esto puede dificultar la integración directa de datos y justificar la necesidad de transformaciones geométricas al momento de consumir los servicios.

EL PROCESO Y EL TABLERO

El proceso de obtención de la información de los WCS desarrollado con *Python* en *Jupyter Notebook* demora cinco horas y media. Lo más costoso es la obtención de los

metadatos asociados a las coberturas (ejemplo la generación de *thumbnails*). Luego de lo cual se obtiene un *dataframe* con la información sustantiva de los WCS y una serie de archivos .png que representan los *thumbnails* de las coberturas, opcionalmente también se generan tif de cada cobertura. Los *thumbnails* (.png) pueden visualizarse cuando se hace *click* en la flecha a la izquierda de la cobertura. Los tif no se visualizan en el tablero debido a que los mismos son más pesados y su incorporación requiere de disponibilidad en los servidores web donde se aloja el tablero. Por otro lado, la descarga del .tif en sí, debe realizarse a partir del consumo del geoservicio WCS, para fomentar su utilización y la descarga de la última versión.

Es importante resaltar que el tablero WCS, al igual que los tableros WFS jurisdiccionales son tableros estáticos que recuperan, en un momento determinado, toda la información de los geoservicios analizados. La actualización del tablero se realiza periódicamente. El tablero indica la fecha en la cual se generó la información. Construir un tablero dinámico es posible, y será objeto de trabajo futuro. No obstante, la dinámica de creación de geoservicios no es alta, y contar con información actualizada una vez por mes o una vez por bimestre es suficiente.

Composición del tablero WCS

El tablero desarrollado con lenguaje R se encuentra alojado en: <https://opendata.fi.uncoma.edu.ar/IDERA/TableroWCS.html>

Con la combinación de teclas Control - y Control +, es posible reducir el tamaño de los widgets y texto del tablero y ajustarlo a la resolución de pantalla más adecuada.

Cuenta con dos ventanas:

1. La primera ventana contiene a su derecha dos indicadores, uno de cantidad de geoservicios WS y otro de cantidad de coberturas; mientras que a su izquierda permite visualizar una tabla interactiva desarrollada con el paquete *reactable*. La tabla contiene dos tablas anidadas. La tabla sobre WCS (la exterior) contiene una tabla interna de las coberturas de cada WCS. Esto permite que al seleccionar una fila correspondiente a un WCS se listen las coberturas que este geoservicio contiene. Los atributos de WCS (Jurisdicción, Dependencia, Organismo, urlWCS, Estado, Cant. de coberturas, Proveedor, *type*, versión y operaciones) y los atributos de coberturas (ID de cobertura, Native SRS, Envolvente, *Axis labels*, Dimensión, Ancho, alto, formatos soportados, Número de bandas y CRS) fueron explicados anteriormente y no se desarrollarán nuevamente en esta sección. La gran mayoría de las columnas de cada tabla cuentan con una etiqueta o encabezado, cuyo nombre refiere a un atributo de WCS o cobertura. Haciendo doble *click* en dicha etiqueta es posible ordenar los datos de la tabla; por ejemplo ordenar WCS por cantidad de coberturas, o por ejemplo, ordenar las coberturas de un WCS por cantidad de bandas. Adicionalmente se incorporó un *tooltip* para cada columna (de ambas tablas, externa e interna) que puede ser visualizado al posar el mouse sobre la etiqueta de la columna. El *tooltip* permite leer un texto corto sobre la etiqueta, una descripción de su propósito.

2. La segunda ventana, contiene las estadísticas descritas en sección *Estadísticas*.

Se incorporó un explicación del Tablero WCS que puede accederse en el menú superior derecho del tablero.

La Figura 7 muestra un ejemplo de la tabla: En la primera fila se describe un WCS específico en este caso de la Universidad Nacional del Sur (IDESOB), y debajo información sobre una de sus coberturas. A continuación se muestra el thumbnail de dicha cobertura.

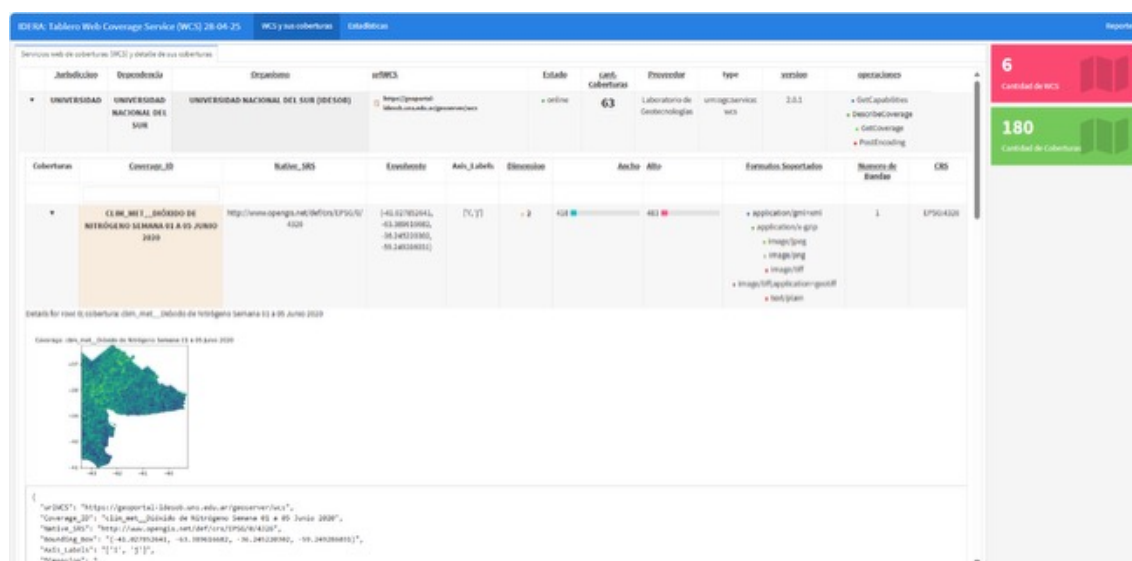


Figura 7. Tabla de información sobre WCS y sus coberturas

CONCLUSIONES

Se logró implementar una solución integral, replicable y eficiente para el monitoreo de 5 servicios geoespaciales WCS en conjunto con 155 coberturas. La combinación de *Python* y *R* resultó eficaz para integrar recolección automática a partir de distintas librerías (*owslib*, *rasterio*, *matplotlib*, *reactable*, etc.) con visualización de alto nivel. El tablero facilita el análisis exploratorio, el diagnóstico institucional y la mejora continua de estos servicios.

Contar con un tablero de geoservicios WCS permite conocer qué jurisdicciones promueven el uso de coberturas, cuantas coberturas comparten y metadatos sobre las mismas. Una vez acopiada la información luego es posible obtener estadísticas de cantidad de geoservicios por jurisdicción, cantidad de coberturas y CRS empleados para todas las coberturas.

Hoy existen muchos recursos en internet que nos permiten descargar coberturas, pero las jurisdicciones publican geoservicios web WCS cuando las coberturas requieren ser compartidas entre diferentes organismos para diferentes fines. Si bien los geoservicios

WCS no son tan ampliamente utilizados como los geoservicios WMS y WFS, compartir coberturas a partir de ellos permite disponibilizar estudios específicos sobre el territorio de diversa índole: cambio climático (inundaciones, erupciones volcánicas, terremotos, etc.), usos del suelo, estudios sobre desertificación. Confiamos que los productores comenzarán a publicar más coberturas vía geoservicios WCS y de aquí la importancia de su monitoreo.

REFERENCIAS

- AUNE-LUNDBERG, L., & STRAND, G-H. (2021). The content and accuracy of the CORINE Land Cover dataset for Norway. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102266>
- CHUVIECO, E. (1995). *Fundamentos de teledetección espacial*, Second Edition (2da ed.). Rialp
- DI GREGORIO, A. (2005). *Classification System. Classification concepts and user manual. Software version 2* (1.a ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/y7220e>
- GILLES, S. (2013). *Rasterio* (versión 1.4.3) [Software]. GitHub. <https://github.com/rasterio/rasterio>
- KLUYVER, T., RAGAN-KELLEY, B., PÉREZ, F., GRANGER, B., BUSSONNIER, M., FREDERIC, J., KELLEY, K., HAMRICK, J., GROUT, J., CORLAY, S., IVANOV, P., AVILA, D., ABDALLA, S., WILLING, C., & JUPYTER DEVELOPMENT TEAM. (2016). Jupyter Notebooks – a publishing format for reproducible computational workflows. En F. Loizides & B. Schmidt (Eds.), *Positioning and power in academic publishing: Players, agents and agendas: Proceedings of the 20th International Conference on Electronic Publishing* (pp. 87-90). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-649-1-87>
- LATHAM, J.S., HE, C., ALINOV, L., DIGREGORIO, A., KALENSKY, Z. (2002). FAO Methodologies for Land Cover Classification and Mapping. En Walsh, S. J., Crews-Meyer, K. A. (Eds.), *Linking People, Place, and Policy* (pp. 283-316). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0985-1_13
- PERKEL, J. M. (2018). Why Jupyter is data scientists' computational notebook of choice. *Nature*, 563(7729), 145-146. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07196-1>
- POSIT TEAM. (2025). *RStudio: Integrated Development Environment for R* [Software]. Posit Software, PBC. <http://www.posit.co/>