

---

Artículos

## Tecnología y participación social para el mapeo de uso y cobertura del suelo en el Valle Inferior del Río Chubut

Technology and social participation for land use and land cover mapping in the lower Chubut River basin



 **Ana L. Liberoff**

Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales – CONICET, Argentina  
liberoff@cenpat-conicet.gob.ar

 **Natalia L. Pessacg**

Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales – CONICET, Chubut, Argentina  
pessacg@cenpat-conicet.gob.ar

 **Cristian Pacheco**

Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales – CONICET, Chubut, Argentina  
cpacheco@cenpat-conicet.gob.ar

 **Magda Alexandra Trujillo-Jiménez**

Laboratorio de Ciencias de las Imágenes, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina  
mtrujillo@cenpat-conicet.gob.ar

  **Lucas Díaz**

**Resumen:** En este trabajo se plantea el progreso de una línea de trabajo innovadora para la región, en la que se combinan procesos tecnológicos y sociales con el fin de generar un sistema dinámico y continuo de mapeo de usos y coberturas del suelo (UyCS). Se elaboró y validó un mapa de UyCS para el valle agrícola (48000 ha) de la cuenca baja del Río Chubut (VIRCh) para el año 2019. Este mapa cuenta con 10 clases de UyCS y tiene una precisión global del 85%. El proceso de elaboración y validación del mapa se basó en el uso de imágenes multi-temporales (combinación de información satelital de los meses de septiembre, octubre, diciembre del 2018 y enero, marzo y abril de 2019), en el algoritmo de clasificación basado en inteligencia artificial, SatRed v.2, en información de campo y en espacios de intercambio de saberes con actores sociales clave. Los procesos de elaboración y validación del mapa propiciaron espacios de planificación, diálogo y consenso entre la academia, los sectores gubernamentales y la sociedad civil. Mediante estos espacios se identificó que el mapa de UyCS podría aportar a los siguientes ejes: ordenamiento territorial; monitoreo y análisis; políticas, gestión de riesgo y toma de decisiones; y comunicación. A su vez, los cambios territoriales más nombrados en los debates estuvieron relacionados con la degradación de suelos (zonas inundables y salinización), la evolución de las actividades productivas y el conflicto con los centros urbanos. Si bien el proceso de elaboración de mapas y el mapa final reportado representan un paso importante para los objetivos planteados algunas limitaciones en la clasificación persistieron y por lo tanto se plantean algunas líneas de investigación para abordarlas.

Grupo de trabajo Pastizales Naturales y Gestión Ambiental INTA EEA Chubut, Trelew, Argentina Universidad de Córdoba, España  
diaz.lucas@inta.gob.ar

 **Silvia Flaherty**  
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Argentina  
silvia.flaherty@fhcs.unp.edu.ar

### **Párrafos Geográficos**

vol. 1, núm. 23, p. 88 - 113, 2024  
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina  
ISSN: 1853-9424  
ISSN-E: 1666-5783  
Periodicidad: Semestral  
parrafosgeograficos@fhcs.unp.edu.ar

Recepción: 28 diciembre 2023

Aprobación: 29 mayo 2024

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/739/7394979010/>

**Palabras clave:** Sentinel-2, Inteligencia artificial, Patagonia, Cultivos, Debates territoriales.

**Abstract:** This paper addresses the progress of a new and innovative line of work that combines technology and social participation to create a dynamic and continuous land use/land cover (LULC) mapping process. A ten-class LULC map was created for the agricultural valley in the lower Chubut River basin with an 85% accuracy. This LULC map generation and validation process was based on the use of multi-temporal satellite imagery, the SatRed v.2 Artificial Intelligence algorithm, field data and knowledge exchange with key local stakeholders. The process of generating and validating this LULC map encouraged the creation of spaces of dialogue between academia, government and the community. This interaction led to a better understanding of the LULC maps contribution to land planning, monitoring and analysis, policies, risk management and decision making and communication. At the same time, land changes most acknowledged by the debate participants were soil degradation, productive activity evolution patterns and rural/urban conflicts. Although the generation process and the resulting LULC map represent an important step towards the set aims and objectives, there are still some limitations in the classification process. We propose some future lines of work to overcome these limitations.

**Keywords:** Sentinel-2, Artificial intelligence, Patagonia, Crops, Landscape debates.

## 1. Introducción

El valle agrícola de la Cuenca Inferior del Río Chubut (VIRCh) se encuentra en una zona semiárida y es uno de los valles agropecuarios más importantes de la región patagónica. Este sistema productivo coexiste con asentamientos rurales y urbanos y con otras actividades, como la industrial y portuaria. El perfil social y productivo del valle agrícola es dinámico y complejo, actividades como la horticultura y el engorde a corral han crecido en las últimas décadas y los centros urbanos están en expansión (Liberoff et al., 2023). En el valle, tanto las actividades productivas como el consumo humano, dependen principalmente del agua superficial del Río Chubut, un río con bajo caudal y marcada variabilidad estacional e interanual (Pascual et al., 2020). La variabilidad propia del río sumada a los cambios en el caudal y estacionalidad en el contexto de cambio climático ha producido periodos de excesos y déficit hídrico que han conducido a otras problemáticas ambientales asociadas, como pérdida en la calidad de agua, aumento de la carga de sedimentos, entre otros (Pessacg et al., 2021). Este tipo de problemáticas ambientales están fuertemente ligadas, además, a factores socio-políticos, como el escaso ordenamiento y planificación territorial (Olivier et al., 2018), la falta de espacios de diálogo entre usuarios y personas que toman decisiones y una gobernanza del agua débil e intrínsecamente fragmentada (Olivier & Berardo, 2022). Esta conjunción de factores desencadenó en los últimos años en conflictos entre usos y usuarios del agua en periodos críticos, donde las actividades de riego del valle, como principal usuario del agua, juegan un rol preponderante (Diario Jornada, 17 de mayo 2022).

En este entramado socio-ambiental es central contar con información adecuada del territorio y de las dinámicas biofísicas que se desarrollan en el mismo. En particular, es necesario disponer de mapas de uso y cobertura de suelo (UyCS), que tienen variedad de aplicaciones en este contexto, tanto en el ámbito científico-académico (Liberoff et al., 2019), como en el ámbito gubernamental (Ménard & Marceau, 2007) y para la gestión de riesgos (Malek et al., 2015). La generación de mapas que cumplan con todos esos objetivos es un desafío. Productos de calidad adecuada (i.e., resolución espacial y clases/categorías adecuadas) requieren de la aplicación de procesos tecnológicos idóneos (e.g., clasificación de imágenes satelitales, inteligencia artificial). Al mismo tiempo, para que se constituyan en verdaderas herramientas para la toma de decisión, es necesario que los/las usuarios/as participen de su elaboración, se apropien y legitimen estos mapas a través de procesos de participación y co-construcción de conocimiento. La combinación de ambos procesos,

tecnológicos y sociales, en torno a la elaboración y la validación de los mapas de UyCS, propician a su vez espacios de planificación, diálogo y consenso entre la academia, los sectores gubernamentales y la sociedad civil. En este sentido, el valle agrícola del VIRCh es un caso de estudio interesante en el que los mapas de UyCS podrían ser herramientas valiosas para estudiar procesos territoriales, identificar problemáticas socio-ambientales y analizar formas de abordarlas, incorporando diversas visiones y experiencias.

Recientemente, Trujillo-Jiménez et al. (2022) desarrollaron un algoritmo basado en redes neuronales (SatRed) y compararon su rendimiento con el de 7 algoritmos de aprendizaje automático, para mapear los usos y coberturas del valle agrícola, utilizando imágenes del satélite Sentinel 2 para una fecha determinada (enero 2018). Según los resultados de este trabajo, el desempeño de SatRed fue mejor que el de los otros algoritmos, entre los cuales están Random Forest y K-nn, ampliamente usados para clasificación de imágenes satelitales (Belgiu & Drăguț, 2016). Sin embargo, el trabajo solo incluyó seis clases de UyCS y el algoritmo no pudo discriminar correctamente entre dos de ellas, pasturas y frutales; ambas importantes para la dinámica productiva del valle.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es combinar procesos sociales y tecnológicos para desarrollar un mapa de UyCS del valle agrícola, en base al algoritmo desarrollado previamente por Trujillo-Jiménez et al. (2022), con una definición de categorías de UyCS que resulte adecuada para la diversidad de usuarios/as del mismo. Este objetivo se enmarca en una línea de investigación que tiene como fin generar un sistema dinámico y continuo de mapeo de usos y coberturas del suelo para este valle y que pueda ser replicado en otros sistemas socio-ambientales.

## 2. Área de estudio

El valle agrícola del VIRCh está ubicado al noreste de la provincia homónima, Patagonia Argentina (Figura 1), en una región con características de clima templado-árido, con precipitaciones medias anuales que no superan los 200 mm, altas tasas de evapotranspiración que pueden superar los 6 mm en un día de verano (Díaz, 2018), temperatura media anual de 13 °C y fuertes vientos con valores medios anuales de 21 km h<sup>-1</sup>.

Aproximadamente el 95% de la población total de la cuenca del Río Chubut (276.000 habitantes, (Pascual et al., 2020) vive en la cuenca baja. Por otro lado, el valle en estudio concentra el 50% de la actividad agrícola de la provincia, siendo los principales cultivos las pasturas, la horticultura y, en menor medida, los frutales. Otras actividades y usos del suelo que se realizan en el valle, y también

dependen de las aguas superficiales del Río Chubut, son los emprendimientos de engorde de ganado a corral (feedlots) y las industrias. Además, en el valle se localizan centros urbanos como Trelew, Gaiman, Dolavon y 28 de Julio.

Para este trabajo definimos un área focal de 48000 ha (ver límites en Figura 1), a la que nos referiremos de aquí en más como “Valle agrícola”, que incluye la planicie de inundación del río y los centros urbanos adyacentes, siendo el límite oeste la Boca Toma (azud nivelador que deriva el agua a los canales de riego). Al noreste de la ciudad de Trelew existen dos lagunas de estabilización, depresiones naturales, que son utilizadas para el vertido de efluentes cloacales y derivación de pluviales de la ciudad de Trelew. Si bien las áreas cubiertas por agua fueron incorporadas como áreas de entrenamiento en el set de datos, toda esta zona fue excluida del mapa final. Esto se debe a que el suelo y la cobertura vegetal adyacentes a las lagunas tiene características particulares y su respuesta espectral genera confusión en la clasificación.

Cabe resaltar que la ciudad de Puerto Madryn, ubicada a 60 km al norte de la ciudad de Trelew, también utiliza agua del Río Chubut y es por lo tanto un ejido urbano que debe ser tenido en cuenta en estudios territoriales y de disponibilidad de agua en la zona. Sin embargo, al encontrarse fuera de la cuenca no fue incluida en el mapa final.

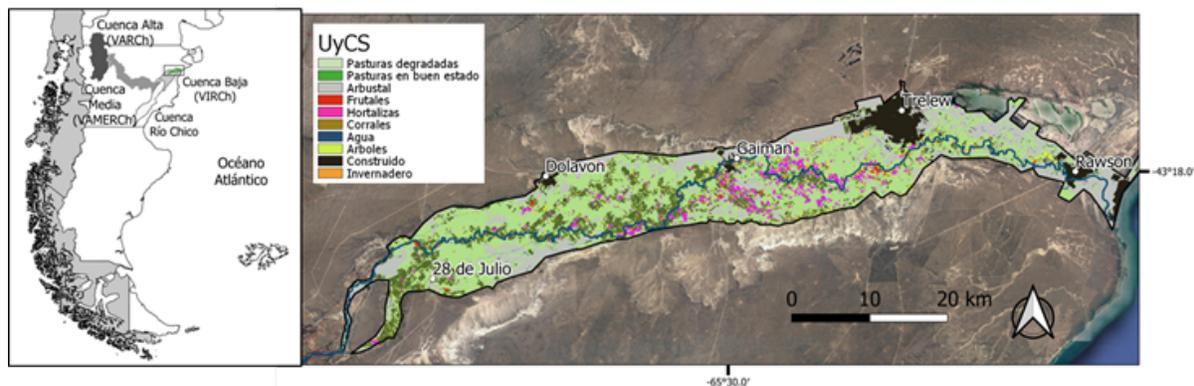


Figura 1

Ubicación de la cuenca del Río Chubut y del valle irrigado (panel izquierdo). Detalle del valle agrícola y el mapa de uso y cobertura del suelo para el año 2019 (panel derecho).

Fuente: elaboración propia

### 3. Materiales y Métodos

#### 3.1 Aproximación metodológica

La aproximación metodológica para la elaboración y validación del mapa de UyCS para el Valle agrícola se sintetiza en la Figura 2 y se

proveen más detalles en las secciones siguientes. El proceso de elaboración del mapa involucró la aplicación de tecnología e incorporó conocimiento local en distintas etapas, en un proceso iterativo que culminó en el mapa final que se reporta en este trabajo. La novedad tecnológica en relación a trabajos previos consistió en la utilización de imágenes multi-temporales (combinación de imágenes de varias fechas), que permiten una mejor distinción entre los cultivos al capturar las diferencias que se producen en distintos momentos del año debido a diferentes ritmos de crecimiento, y estados fenológicos y fisiológicos de los cultivos (Vuolo et al., 2018). Las fechas específicas y la cantidad de imágenes a ser incorporadas en el modelo final se determinaron en función de la progresión temporal del estado de los cultivos y otras coberturas vegetales en el valle en base a información procesada del índice de vegetación normalizado (NDVI por sus siglas en inglés) (Flaherty et al., 2022) y al conocimiento de expertos/as.

El algoritmo de clasificación utilizado en este trabajo fue SatRed v.2 (sección 3.4.1). Como datos de entrada de SatRed v.2 se utilizaron datos de campo (sección 3.2) e imágenes satelitales multi-espectrales y multi-temporales (sección 3.3). El mapa final se confeccionó en base a los valores más frecuentes (moda) para cada píxel entre las 6 versiones al azar (sección 3.4.2).

En distintas etapas del proceso de generación del mapa se incorporó conocimiento local, mediante entrevistas, encuentros y talleres que habilitaron procesos de intercambio de saberes y experiencias (sección 3.5). Estos procesos permitieron recolectar nuevos datos de campo, mejorar las técnicas de clasificación, identificar falencias de los mapas, y mejorar el producto final. La validación del mapa se realizó tanto con medidas cuantitativas (sección 3.4.2) como con la percepción de actores sociales clave mediante una encuesta (sección 3.5). Durante el proceso de elaboración del mapa se realizó un taller con personas vinculadas a la gobernanza del agua, de manera de construir una mirada plural y territorial del valle, utilizando como producto puente al mapa elaborado durante las etapas previas (sección 3.5).

Cabe destacar que tanto el algoritmo de clasificación como el mapa del valle agrícola fueron incorporando información y mejorando su desempeño y calidad a medida que el proceso iterativo y de intercambio fue evolucionando. En este trabajo y por cuestión de practicidad, tanto en esta sección metodológica como en la de resultados, se reporta el algoritmo con las últimas incorporaciones (SatRed v.2) y el mapa final, sin embargo en las distintas instancias se utilizaron mapas y algoritmos intermedios.

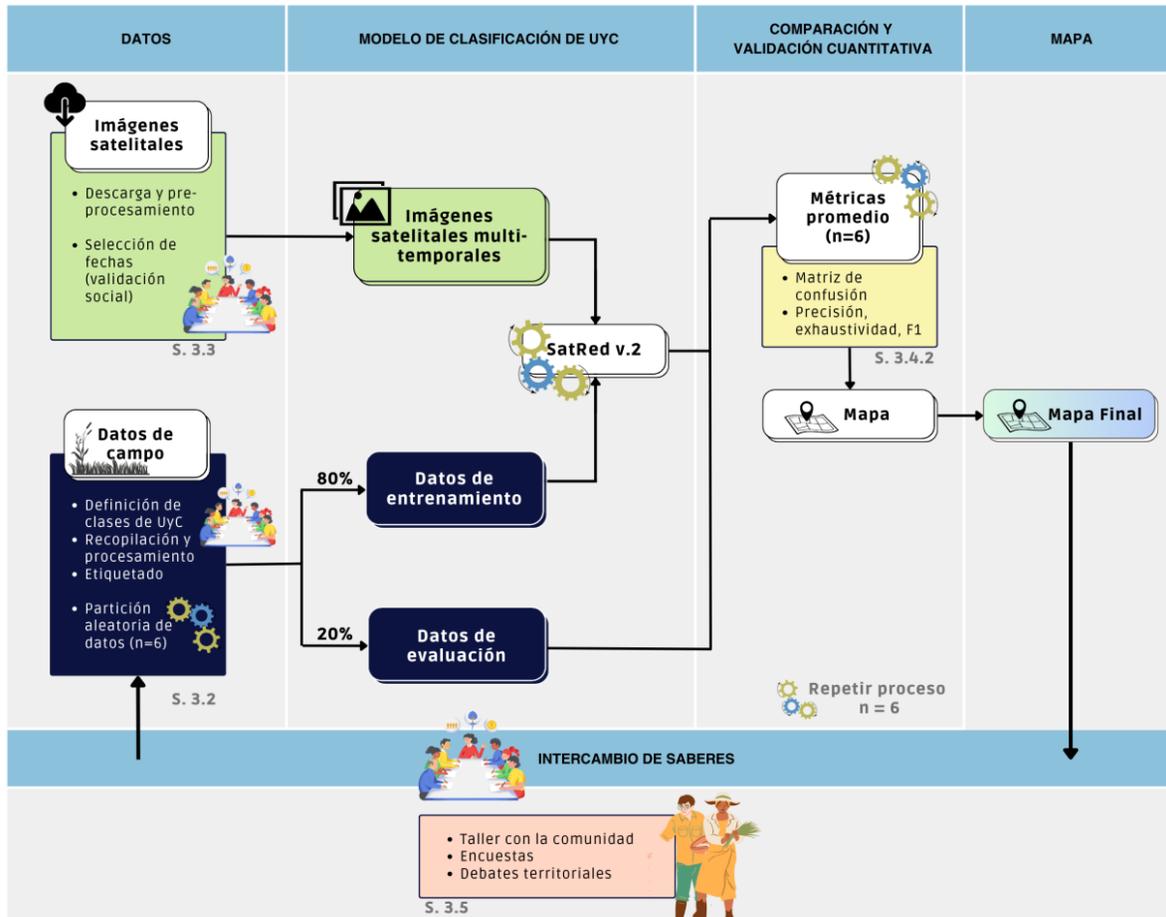


Figura 2

Esquema del flujo de trabajo iterativo para la confección del mapa de UyCS del valle agrícola del VIRCh

Fuente: elaboración propia

### 3.2 Datos de campo

Para reunir los datos necesarios para entrenar y validar la clasificación, se realizaron salidas de campo en junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre del 2018, y en enero, febrero y marzo del 2019. En estas salidas, se tomaron fotos georreferenciadas en lugares representativos de las categorías definidas y se registró para cada foto el tipo de uso/cobertura del suelo. El entrenamiento visual para el reconocimiento del tipo de UyCS se realizó con colaboración de La Compañía de Riego del VIRCh. Las fotos georreferenciadas se utilizaron para generar un archivo vectorial de puntos, a partir de los cuales se generaron manualmente polígonos que encierran un área correspondiente a alguna de las categorías de UyCS. Para complementar la información de campo, se utilizaron imágenes de

alta resolución de Google Earth a partir de las cuales se digitalizaron polígonos correspondientes a UyCS fáciles de identificar (por ejemplo, construcciones, agua, invernaderos). Finalmente, las capas vectoriales de polígonos fueron convertidas a capas ráster con el mismo tamaño (filas y columnas) y la misma resolución espacial (10 m) que las imágenes Sentinel-2 MSI utilizadas, ya que este es un requerimiento para la clasificación con el algoritmo SatRed.

El mapa final, de acuerdo a las actividades que se desarrollan en el valle agrícola y sus características geográficas y ambientales, contó con diez (10) categorías de uso y cobertura del suelo (UyC): *Agua, Arboles, Arbustal, Corrales, Construido, Invernaderos, Hortalizas, Frutales, Pasturas en buen estado* y *Pasturas degradadas*. La clase *Pasturas en buen estado* se refiere a cultivos de alfalfa o pasturas mixtas, con una cobertura vegetal homogénea y densa, con escaso material muerto en pie pasturas. La clase *Pasturas degradadas* en cambio se refiere a cultivos de pastura mixta abandonada o en proceso de abandono, con gran proporción de suelo desnudo y material muerto en pie.

### 3.3. Imágenes Satelitales

Los satélites Sentinel-2 pertenecen al programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés). La misión consta de 2 satélites (Sentinel 2A y 2B) que llevan a bordo un instrumento multiespectral (MSI, por sus siglas en inglés). Además de las bandas del espectro visible, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta, el instrumento MSI incluye tres bandas espectrales en el “borde rojo” (Vegetation Red Edge), especialmente diseñadas para el monitoreo de la vegetación y el mapeo de la cobertura terrestre, entre otras aplicaciones ESA (2015). Para cubrir el área de estudio, se necesitaron tres teselas (T19GGM, T19GG y T20GLT) de Sentinel-2. Las imágenes se descargaron de forma gratuita de la plataforma Copernicus Data Space Ecosystem Browser (<https://dataspace.copernicus.eu/browser/>). Desde diciembre de 2018, esta plataforma provee imágenes Sentinel-2 MSI procesadas a nivel de reflectancia en superficie (BOA, Nivel 2A; ESA 2015). Las imágenes están codificadas en JPEG2000 y con un valor de cuantificación de 10.000, por lo que se debe aplicar un factor de 1/10.000 a los valores de BOA para recuperar la variable física reflectancia en superficie (ESA 2015, Gascon et al., 2017). Para el mapeo de UyCS se descartaron las tres bandas espectrales que proporcionan datos correspondientes a la atmósfera y sus componentes (Banda 1-aerosol/costero, Banda 9-vapor de agua y Banda 10 - cirros). Las seis bandas espectrales que tienen 20 m de resolución espacial (Bandas 5, 6 y 7-vegetation red edge; Banda 8A- narrow NIR y Bandas 11 y 12- SWIR

1 y 2) se re-muestraron a 10 m y se combinaron con las cuatro bandas espectrales de 10 m (Banda 2- Azul, Banda 3- Verde, Banda 4- Rojo y Banda 8-NIR). De esta manera se generó un archivo multi-capas de 10 bandas espectrales con 10 m de resolución espacial para cada una de las teselas, un mosaico con los tres archivos multi-capas y posteriormente un recorte del área de estudio para reducir el tamaño del archivo y facilitar su manejo. Este procedimiento se repitió para cada una de las fechas seleccionadas (ver debajo). Finalmente se generó un archivo de bandas apiladas multi-espectral y multi-temporal que combinó las 10 bandas espectrales de todas las fechas seleccionadas. Todo el procesamiento de las imágenes se llevó a cabo utilizando software gratuito de SIG (QGIS v 3.4).

Luego de analizar la progresión temporal del estado de los cultivos y otras coberturas vegetales del valle, y para realizar los archivos de bandas apiladas multi-espectrales y multi-temporales se utilizaron las imágenes de las siguientes fechas: 12/09/2018, 12/10/2018, 31/12/2018, 25/01/2019, 26/03/2019 y, 20/04/2019.

### 3.4. Método de clasificación

#### 3.4.1 Algoritmo SatRed v.2

SatRed v.2 es un modelo basado en redes neuronales para la clasificación del uso y cobertura del suelo utilizando imágenes satelitales (Trujillo-Jiménez et al., 2022). Este modelo cuenta con 4 capas secuenciales densamente conectadas. En cada capa, cada neurona recibe la entrada de todas las neuronas de la capa anterior, y también el resultado de cada neurona (predicción de las clases) se transmite a todas las neuronas de la capa siguiente (Figura 3 en Trujillo-Jiménez et al. (2022)). Este proceso se repite como máximo el número de veces que se establezca en la parametrización del algoritmo (250 epochs utilizado en Trujillo-Jiménez et al. (2022)). Al tratarse de una clasificación multiclase, las clases son mutuamente excluyentes. Las conexiones densas en Redes Neuronales tienen un efecto regularizador, que reduce el sobreajuste cuando se cuenta con tamaños de datos de entrenamiento pequeños (Huang et al., 2016). Esto proporciona una ventaja cuando se trabaja con conjuntos de datos de entrenamiento pequeños y redes relativamente poco profundas, y es la principal razón por la cual SatRed es superior a otros modelos de Aprendizaje Supervisado para nuestros datos de estudio (Trujillo-Jiménez et al., 2022).

En este trabajo, presentamos una versión mejorada de SatRed ("SatRed v.2") en la que se incorporó el post-procesamiento de las imágenes clasificadas (Pacheco et al., en preparación). Este procesamiento fue incorporado luego y en base a los resultados de las

instancias participativas (ver sección 4.1). El objetivo de este post-procesamiento es eliminar píxeles aislados que generan el efecto conocido como “sal y pimienta”. Dicho efecto se produce comúnmente en las clasificaciones basadas en píxeles de imágenes satelitales con resolución espacial moderada, como es el caso de las imágenes Sentinel-2 MSI. Este tipo de post-procesamiento produce un efecto de parcelas más homogéneas a la vez que mejora la precisión de la clasificación (Sabet Sarvestani et al., 2011). Este proceso utiliza parámetros específicos para cada cobertura de UyCS que deben ser revisados para cada caso particular y que son invocados por SatRed v.2 a través de una tabla en formato de valores separados por coma (.csv). Además, teniendo en cuenta las potencialidades del algoritmo y sus aplicaciones, se incorporó la posibilidad de entrenar y evaluar el modelo de clasificación de UyC con múltiples conjuntos de datos<sup>[1]</sup>. El algoritmo de SatRed v.2 y todos los parámetros asociados al modelado de UyCS considerados en este trabajo se encuentran disponibles en <https://github.com/aletrujim/SatRed/tree/main/satred2>.

Los modelos presentados en este trabajo se entrenaron en una máquina virtual patrocinada por Microsoft Azure 2, con el sistema operativo Windows Server 2016 Datacenter, de tamaño NC6 estándar (6 vCPUs [Intel Xeon CPU E5-2690 v3 2,60 GHz], con 56 GB de memoria RAM y un co-procesador GPU NVIDIA Tesla K80). Para incorporar el post-procesamiento se utilizaron los modelos pre-entrenados en la máquina virtual pero se corrieron en un equipo local con sistema operativo Fedora Linux 36 (Intel Core i7-4765T 2 Ghz, con 32 GB y un co-procesador GPU NVIDIA GeForce GTX 1660 Super). Los algoritmos se implementaron utilizando el lenguaje de programación Python.

### 3.4.2 Evaluación del modelo final

Siguiendo el flujo de trabajo definido en la Figura 2, el conjunto de datos de campo se dividió al azar en dos sub-sets (entrenamiento 80% y evaluación 20%). Esta división al azar se realizó 6 veces de manera de obtener 6 versiones para el modelo multi-temporal y poder calcular las métricas promedio y los desvíos estándar. El mapa final fue confeccionado utilizando el valor más frecuente para cada píxel (i.e., moda,  $n=6$ ). El mapa final fue evaluado cuantitativamente mediante diferentes métricas y además fue evaluado y validado socialmente mediante diferentes espacios de intercambio de saberes y experiencias.

La evaluación precisa del rendimiento de un modelo de clasificación multiclase es esencial para comprender su capacidad predictiva. En este contexto, para este estudio se emplean diversas métricas para evaluar su desempeño. Estas métricas incluyen la matriz

de confusión, la Precisión, la Exhaustividad y el índice F-1, ofreciendo una visión detallada de la capacidad predictiva del modelo global y para cada clase. En este trabajo las matrices de confusión muestran para cada intersección de filas y columnas tanto el número de píxeles (número central) como los valores normalizados por las filas y las columnas, expresados en porcentaje. Para el caso de la diagonal principal, estos porcentajes expresan la Precisión por clase (valores junto a las flechas con orientación vertical) y Exhaustividad por clase (valores junto a las flechas con orientación horizontal). Los valores fuera de la diagonal proveen información sobre la confusión entre clases.

Matemáticamente, la Precisión se calcula como el cociente entre el número de predicciones positivas correctas (casos identificados con éxito), conocidas como verdaderos positivos (TP) y el número total de píxeles que el modelo predijo como positivos, tanto verdaderos positivos (TP) como falsos positivos (FP):

$$Precisión = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{\text{Predicciones positivas correctas para la clase específica}}{\text{Todas las predicciones positivas para esa clase}} \quad (1)$$

Por su parte, la Exhaustividad, representa la proporción de casos positivos reales que el modelo clasifica correctamente como positivos. Se calcula como el cociente entre el número de verdaderos positivos (TP) y el número de casos positivos, que incluye verdaderos positivos (TP) y falsos negativos (FN) o casos omitidos:

$$Exhaustividad = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{\text{Predicciones positivas correctas para la clase específica}}{\text{Predicciones positivas correcta y casos omitidos correctamente}} \quad (2)$$

Finalmente, el índice F-1 es una métrica que combina la Precisión y la Exhaustividad en un solo valor, proporcionando una medida ponderada de ambas. El índice F-1 alcanza su máximo valor de 1 cuando tanto la precisión como la exhaustividad son óptimas.

### 3.5. Espacios de intercambio de saberes y experiencias

Durante el proceso descrito en la Figura 2, y con el fin de socializar las distintas etapas del proceso, evaluar y validar socialmente el resultado, e interactuar con potenciales usuarios/as territoriales del mapa se aplicaron diferentes metodologías participativas dirigidas a

personas involucradas en el uso, manejo y gestión del agua y del territorio en el VIRCh: salidas de campo con personal de la Compañía de Riego del VIRCh, charlas y conferencias, talleres de intercambio de conocimiento y encuestas. En particular en este trabajo, nos referimos a dos instancias específicas que fueron muy relevantes para la elaboración y validación del mapa, un taller participativo y dos encuestas estructuradas.

### 3.5.1 Taller “Mapeo de uso y cobertura del VIRCh”

Durante junio de 2021 se realizó el taller “Mapeo de uso y cobertura del VIRCh”, destinado a integrantes de equipos técnicos de organismos gubernamentales provinciales: Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, Ministerio de Infraestructura, Energía y Planificación, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio; Instituto Provincial del Agua; Municipalidades; Organismos académicos y científico-técnicos: INTA, CONICET, Universidades; Hidroeléctrica Florentino Ameghino, Cooperativas de servicios públicos; Compañía de Riego del VIRCh; Productoras/es agropecuarias/es nucleados en la Asociación Rural Valle del Chubut, Cluster Ganadero del VIRCh, Asociaciones de productores apícolas, Cooperativa de Productores Cereceros, Cooperativa Agropecuaria e Industrial Valle del Chubut, vitivinicultores, sumando un total de 40 personas con paridad de género.

Los objetivos del taller fueron iniciar una sinergia entre los equipos técnicos de los organismos involucrados y explorar mecanismos de colaboración; mostrar los resultados y metodologías del mapeo de UyCS del valle; detectar utilidades y problemáticas de la clasificación; indagar en las dinámicas y cambios temporales de UyCS en el valle que son percibidos socialmente y finalmente generar apropiación por el proceso de mapeo y los mapas como herramientas.

El taller estuvo orientado en torno a cuatro preguntas disparadoras: ¿En qué ayudaría tener un mapeo frecuente y preciso del valle agrícola?, ¿qué clases de UyC creen que sería necesario mapear y para qué?, ¿qué cambios temporales de UyC serían relevantes analizar?, ¿existen cambios en el uso del suelo que les preocupen?, ¿qué fuentes de datos están disponibles, cuales se podrían consultar, cuales se podrían generar?

Al finalizar el taller se solicitó a los y las participantes que completaran una evaluación del encuentro y una encuesta de colaboración para el mapeo del valle. El 62.5% de las y los participantes calificó el taller como “muy interesante, aportó elementos claves” y el 37.5% restante lo calificó como “interesante”.

Además, el 72% de las y los participantes consideró que el taller fue relevante y muy relevante para su desempeño laboral y/o profesional.

### 3.5.2 Encuestas

Se realizaron dos encuestas estructuradas online a través de Google Forms, con preguntas abiertas y cerradas. La primera encuesta fue enviada a todas las personas que participaron de la instancia de taller, con el objetivo de profundizar en algunas de las temáticas abordadas. La encuesta fue respondida por 19 personas de diferentes organizaciones.

La segunda encuesta se realizó con el objetivo de validar el mapa de UyCS. Se envió la encuesta online a personas seleccionadas por las actividades que desarrollan en relación con el mapa (productores/as agropecuarios/as, personas de organismos de ciencia y técnica de la región que utilizan este tipo de información) junto con el mapa elaborado para el valle agrícola. Esta segunda encuesta fue respondida por 10 personas. Las preguntas relacionadas a la validación del mapa se diseñaron con el objetivo de evaluar los siguientes atributos:

1. Patrones espaciales a escala del valle: Coincidencia entre patrones generales de uso y cobertura de suelo que muestra el mapa (zonas de pasturas en buen estado, zonas de horticultura, de arbustales, etc) y los que la persona/usuario conoce en el valle.
2. Patrones espaciales a escala de parcela: a) Coincidencia entre los usos y coberturas que muestra el mapa y lo que hay en los lugares que él o la usuario/a frecuenta (ej., su chacra y los alrededores) y b) Coincidencia entre la forma, el tamaño y/o la disposición de las parcelas cultivadas que muestra el mapa y lo que conoce la o el usuario en cualquier zona del valle.
3. Pertinencia de las clases de uso y cobertura del suelo.

## 4. Resultados

### 4.1 Modelo de clasificación y mapa final de UyCS

El modelo de clasificación incorporó información de los meses de septiembre, octubre, diciembre del 2018 y enero, marzo y abril de 2019, y se elaboró utilizando el algoritmo SatRed v.2, que incorpora el post-procesamiento de la clasificación. El mapa final se encuentra disponible en <http://hdl.handle.net/11336/222054>.

La precisión global fue de  $0.85 \pm 0.02$ , la exhaustividad de  $0.83 \pm 0.02$  y el índice F1 de  $0.84 \pm 0.02$ . Las métricas F1 por clase fueron

todas mayores a 0.73 (Figura 3). Las clases que fueron mejor clasificadas ( $F1 \geq 0.85$ ) fueron Agua, Construido, Invernaderos, Arbustal, Corral y Hortalizas (Figura 3). La mayor confusión se dio entre las clases Pastura en buen estado y Pasturas degradadas. Del total de píxeles predichos como Pastura en buen estado el 13% eran en realidad Pasturas degradadas (valor junto a la flecha vertical en el casillero superior derecho, Figura 4) y del total de píxeles reales de Pastura en buen estado el 26% fue mal clasificado como Pastura degradada (valor junto a la flecha horizontal en el casillero inferior izquierdo, Figura 4). El mismo grado de confusión resultó para Pastura degradada (Figura 4).

Respecto a la validación social del mapa, la mayor parte de las personas encuestadas calificaron el mapa como un producto bueno respecto a los atributos evaluados (sección 2.6.2). Para el primer atributo, 8 personas calificaron al mapa como bueno (1 *regular*, 1 *muy bueno*) en cuanto a la coincidencia entre patrones generales de uso y cobertura del suelo identificados en el mapa y los que el o la usuaria conoce en el valle. Sin embargo, solo 4 personas lo consideraron *bueno* (3 *regular*, 2 *muy bueno*, 1 sin respuesta) para reconocer clases a escala de parcela mientras que 5 lo consideraron *bueno* (3 *regular*, 2 *muy bueno*) para reconocer la forma, el tamaño y/o la disposición de las parcelas. Para el tercer atributo, 7 personas consideraron pertinentes las clases de UyCS, 2 como regular y 1 como muy pertinentes.

La encuesta evidencia que el mapa presentaba algunas fallas en reconocer patrones a escala parcelaria y en representar la forma y los límites de las parcelas. Posteriormente al desarrollo de las instancias participativas y en función de los aportes recibidos se aplicó la metodología de post-procesamiento del mapa (sección 3.4.1) para reducir el ruido en los límites parcelarios. Cabe aclarar que los resultados mostrados en esta sección incorporan el post-procesamiento tal como se describió en la sección 3.4.1.

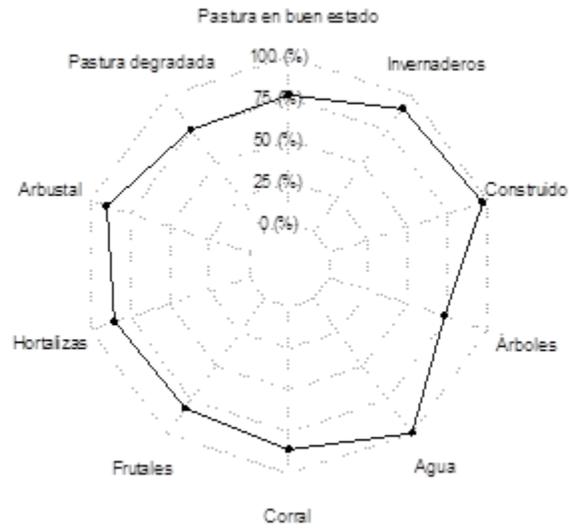


Figura 3  
Métrica F1 por clase para el modelo de clasificación de UyCS  
Fuente: elaboración propia

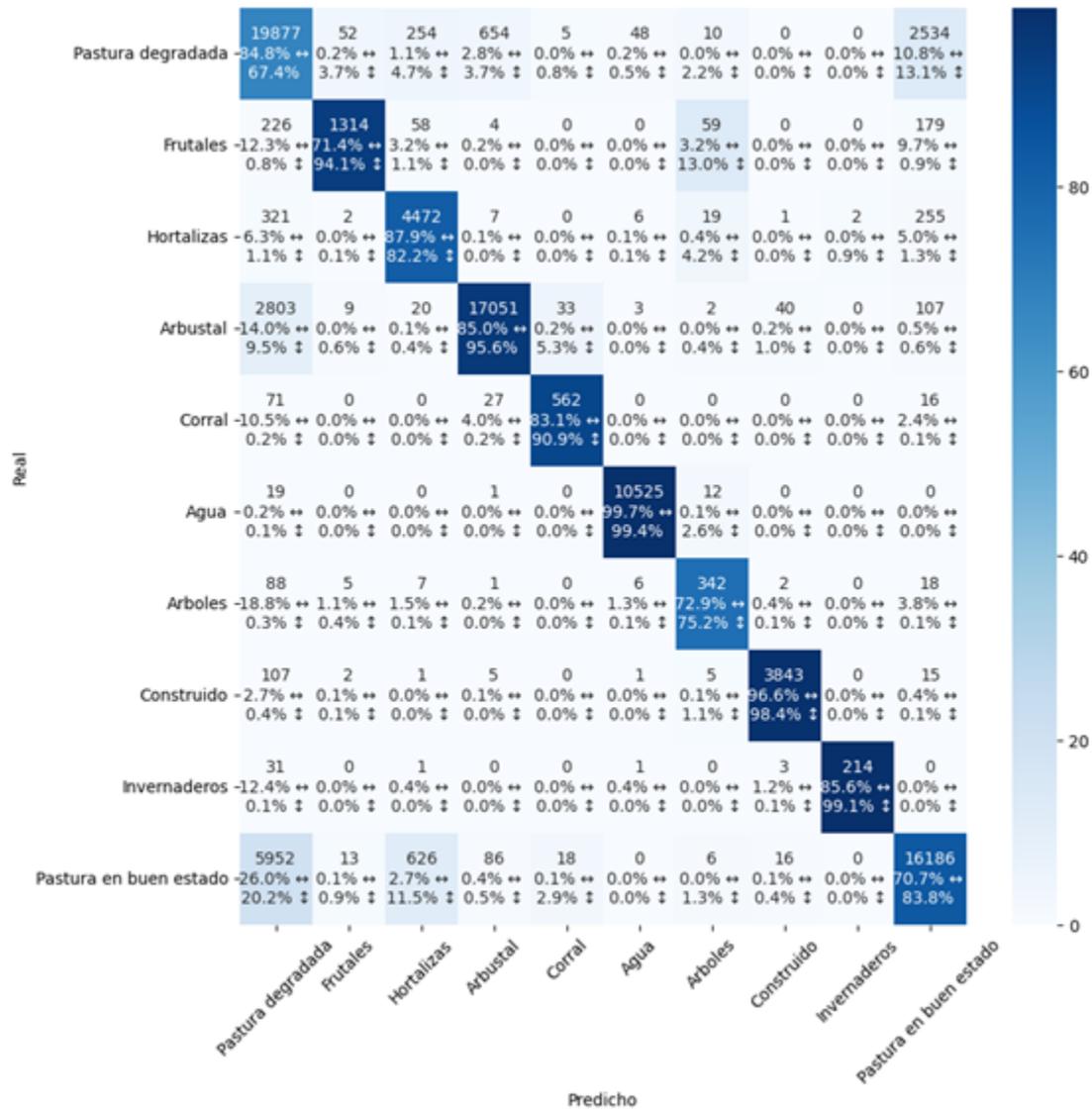


Figura 4

Matriz de confusión para el modelo de clasificación de UyCS mostrando el total de píxeles y los porcentajes normalizados por las filas y las columnas.

Fuente: elaboración propia

El análisis de la superficie del valle agrícola cubierta por cada clase, muestra que el 46.3% del área de estudio corresponde a pasturas degradadas (22246 ha), que las áreas reconocidas como arbustales ocupan el 23.2% (11141 ha), las pasturas en buen estado el 14% (7000 ha) y las áreas construidas (principalmente cascos urbanos) ocupan el 7.2% del área (3479 ha). La superficie destinada al cultivo de hortalizas (incluyendo invernaderos) y de frutales corresponde al 4.1% (1946 ha) y 0.8% (362 ha) respectivamente. Los árboles

(cortinas de árboles y vegetación ribereña) ocupan 2.4% (1177 ha) y finalmente los corrales ocupan un 0.4% (175 ha).

#### **4.2. Usos y aplicaciones de los mapas de UyCS**

En el valle agrícola, el 80% de las personas que respondieron la encuesta utilizan mapas para orientar la toma de decisión en sus actividades particulares. Las personas que participaron del taller y de las encuestas mostraron interés en el mapa de UyCS desarrollado para el valle y lo consideraron un producto útil (20 % de las personas encuestadas) y muy útil (80% de las personas encuestadas). Además, tanto en el taller como en las encuestas, las personas se mostraron interesadas en conocer más acerca de la herramienta de mapeo y manifestaron su disposición para participar activamente de procesos futuros de construcción y validación de mapas del valle. El 63% de las y los encuestados les interesaría participar del proceso de generación de mapas para el valle agrícola, principalmente a través del análisis de los resultados obtenidos en los mapas y relevando datos en el campo.

Tanto las encuestas como las discusiones plenarias o en grupos más pequeños dadas en el marco del taller, brindaron elementos relevantes en términos de validación del mapa (descriptos previamente), pero también sobre posibles usos de esta herramienta (Tabla I) asociados a las dinámicas y cambios en los UyCS del valle que son relevantes y acerca de fuentes de información complementarias.

### Tabla I

Posibles usos que se le podría dar a un mapa del valle agrícola

IDENTIFICAR ASPECTOS/ ZONAS RELEVANTES	tierras improductivas, productivas y sus usos
	tierras productivas utilizadas para loteos residenciales
	preponderancia de cada cultivo por ejido municipal
	hectáreas verdes (con cobertura) en época de verano (cosecha) en contraposición con época de baja cobertura durante el invierno. Cuantificación
	zonas que utilizan agroquímicos y zonas de producción orgánica.
	zonas con vegetación nativa y zonas de floración relevantes para apicultura
	ubicaciones estratégicas para corrales, teniendo en cuenta la predominancia de vientos, para evitar olores en las localidades
	invernaderos e industrias en el valle
	canales principales y secundarios en el sistema de riego y analizar la distribución de agua en los diferentes lotes.
	accesos y distancia a la red de canales de agua de las diferentes producciones
	efluentes y residuos que se tiran al río
	establecimientos registrados en relación a los regantes del VIRCh
	salinidad, degradación de suelos y evaluar calidad de agua
APOYAR LA TOMA DE DECISIONES	productivas y de inversión
	frente al estado del río y riesgo de inundaciones
	respecto a la operatoria del dique
	respecto a evaluaciones ambientales de proyectos de desarrollo
	respecto a cambios de cronogramas en el riego por crecimiento de los cultivos hortícolas (necesidad de riego avanzado el otoño) y de cultivos frutales (comenzar el riego más temprano en invierno para control de heladas)
COMUNICAR	herramienta de comunicación para abordar problemáticas socioambientales situadas, a diferentes públicos (científico-académico, empleo público, técnico, etc)

Por otro lado, las personas identificaron los cambios y dinámicas territoriales más importantes en el valle agrícola en los últimos años o décadas y posibles usos futuros:

- Identificación de tendencias y planificación territorial respecto al uso de tierras para actividades agropecuarias y para loteos residenciales, incluyendo la subdivisión de loteos; hipotetizar

sobre conflictos urbanos-rurales futuros; definir estudios prospectivos de desarrollo de las ciudades en el valle; identificación de posibles usos de suelo alternativos (vitivinícola, turismo, etc).

- Evaluación del uso de tierras y dinámicas de tierras productivas a lo largo del tiempo; evolución de los cultivos en un período determinado; estimativo de rotación de cultivos de pasturas y forrajes en las distintas zonas del valle.
- Evolución del crecimiento urbano, identificación de asentamientos a la vera del río.
- Avance de emprendimientos de engorde a corral.
- Tendencias en la salinización de suelos ligado a prácticas agropecuarias; cambios en la superficie con tierras inundadas y profundidad de las napas; identificación de cambios en la productividad en zonas donde se impermeabilizaron los canales de riego.

## **5. Discusión y Conclusiones**

En este trabajo se plantea el inicio de una línea de trabajo innovadora para la región, en la que se combinan procesos tecnológicos y sociales con el fin de generar herramientas efectivas y útiles no solo para el desarrollo de investigaciones científicas sino también para la sociedad en general. Se logró realizar un mapa de UyCS para el valle irrigado del VIRCh, que si bien es aún mejorable, permite responder a muchas de las demandas que expresó la comunidad del valle agrícola en relación al uso y manejo del suelo y el agua.

Las instancias de intercambio de saberes y experiencias, además de permitir la socialización y validación del mapa de UyCS del valle, habilitaron un diálogo muy enriquecedor entre diferentes sectores y personas, con diversidad de miradas respecto a las áreas productivas, tendencias y evolución del valle, trayectorias socio-ambientales históricas y futuras. Las personas que participaron de estos procesos consideraron el mapa de UyCS del valle una herramienta muy útil para diversidad de usos y análisis. Los usos del mapa y los cambios territoriales identificados se podrían agrupar en los siguientes ejes: ordenamiento territorial; monitoreo y análisis; políticas, gestión de riesgo y toma de decisiones; y comunicación. Los cambios más nombrados estuvieron relacionados con la degradación de suelos (zonas inundables y salinización), la evolución de las actividades productivas y el conflicto con los centros urbanos. Las encuestas y el

taller mostraron además que los/as usuarios/as consideran relevante representar la estacionalidad de los cultivos, mejorar la clasificación a nivel de las parcelas y mejorar la clasificación entre cultivos (incorporar maíz y trigo, entre alfalfa, pastura y pastura degradada, incorporación de floricultura).

Desde el punto de vista de los procesos tecnológicos, el uso de imágenes multitemporales sumado a la incorporación del post-procesamiento en el algoritmo SatRed v.2 mejoró significativamente la clasificación de UyCS en relación a versiones previas. Por un lado, el post-procesamiento mejora visiblemente la delimitación de las parcelas y disminuye el efecto de “sal y pimienta”, contribuyendo a una mayor precisión en la clasificación. A su vez, la clasificación de imágenes multi-temporales captura mejor las diferencias entre los cultivos que se producen a lo largo del ciclo anual, y permitió incorporar 4 nuevas clases (pasturas degradadas, invernaderos, corrales y árboles) al mapa de UyCS. Este nuevo producto representa mejor la matriz productiva del valle a la vez que responde a varias de las demandas identificadas en las instancias participativas.

Algunas limitaciones de la clasificación, que además fueron demandas de uso del mapa, no pudieron ser solucionadas completamente con estas mejoras técnicas. Por un lado, persistieron los problemas con la discriminación entre Pasturas en buen estado y Pasturas degradadas. Esto se debe en parte a que en la realidad estas clases no son discretas sino que son estados continuos y transicionales/sucesivos de las parcelas y que su asignación depende en gran medida del manejo del agua y del suelo y no de su tipo de cobertura vegetal. Incluso puede haber diversas interpretaciones en el campo de la asignación de clases. Tampoco se pudo diferenciar entre pasturas y alfalfa (datos no mostrados) con esta metodología. Algunas futuras líneas de investigación para abordar estas limitaciones podrían ser la incorporación al modelo de información adicional que contribuya a la discriminación entre cultivos (e.g. tipos de suelo) y de información de los satélites de radar de apertura sintética (SAR), que al ser combinada con las imágenes multispectrales han dado buenos resultados en la clasificación de cultivos (Mustak et al., 2019; Pluto-Kossakowska, 2021).

Con respecto al mapa final y comparando con trabajos previos, creemos necesario realizar algunas aclaraciones. El análisis del mapa de la Compañía de Riego muestra una estimación, para el año 2013, de alrededor de 13300 ha bajo riego (contabilizando las clases Pasturas - 7588 ha, Alfalfa - 3900 ha, Hortalizas 1500 ha, Frutales 450 ha) y 8800 ha de pasturas abandonadas en un total analizado de 35000 ha (que también incluyó clases como vivienda-corral, uso industrial y terreno natural). El Plan Director de Recursos Hídricos del Río Chubut, en el anexo IX “Demanda Hídrica”, estimó también para el

año 2013, un área de 20400 ha bajo riego (incluyendo las categorías Pastura - 11000 ha, Alfalfa - 4600 ha, Hortícola - 1000 ha y Cerezo - 200 ha). En este trabajo se analizaron 48000 ha y se estimó que el área cubierta por pasturas abandonadas o degradadas fue de 22500 ha. Las áreas identificadas en este trabajo como pasturas en buen estado (7000 ha) fueron mucho menores a las estimaciones realizadas previamente para las categorías pastura y alfalfa. Además de los problemas en la discriminación entre estas clases nombradas en el párrafo anterior, hay otra serie de factores que podrían contribuir a explicar las diferencias en las estimaciones. La clase Pasturas en buen estado de este trabajo no incluye las pasturas degradadas que sí están incluidas en la clase Pasturas de los trabajos previos. Por otro lado, nuestra categoría pasturas degradadas es mucho más abarcativa que la clase pastura abandonada del mapa de Compañía de Riego, y resultó mucho más representativa ya que se trabajó con un área bastante mayor (48000 ha en este trabajo vs. 35000 ha en el mapa de la Compañía de Riego). Sin embargo, puede resultar menos informativa si las pasturas degradadas son aún regadas. Por otro lado, es probable que los cambios que se están dando en el valle reflejen cambios en las proporciones de uso y cobertura del suelo y que en los últimos años haya disminuido la proporción de tierras productivas (Liberoff et al., 2023). La evaluación de este tipo de tendencias de cambio de UyCS es justamente una de las aplicaciones de este tipo de mapa, y requiere que las metodologías de clasificación sean consistentes y comparables; es por ello que desarrollar un sistema de mapeo como el que se comenzó con este trabajo es de suma importancia.

En este contexto, el algoritmo SatRed v.2 constituye una herramienta útil para la elaboración de mapas de UyCS que se ajusten a las necesidades de la comunidad científico-técnica y la sociedad en general. Sin embargo, uno de los aspectos menos explorados en trabajos anteriores es la transferibilidad espacial y temporal de los modelos de clasificación (Pluto-Kossakowska, 2021). Este es también uno de los aspectos más importantes ya que facilita la automatización de este tipo de clasificación de cultivos. Queda pendiente como trabajo a futuro evaluar la capacidad de SatRed v.2 de obtener buenos resultados para diferentes periodos, regiones y conjuntos de datos, lo que permitiría automatizar el proceso, actualizar los mapas regularmente y analizar la dinámica productiva del valle pudiendo identificar cambios y tendencias. Finalmente, este proceso de elaboración de mapas es continuo y dinámico, por lo que se seguirán evaluando estrategias tecnológicas y participativas para mejorar la discriminación de clases e incorporar clases nuevas.

## 6. Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el programa AI for Earth (Microsoft) y el programa AI for Innovation (alianza entre The National Geographic Society - Microsoft). También recibió financiación de los proyectos PICT PICT 2018-03538, PIBAA 2022-2023 IR: Liberoff Ana L. y P-UE CONICET N° 22920160100044. Las y los autores agradecen a todas las personas, organizaciones e instituciones que participaron de las instancias de intercambios de saberes. Especialmente se agradece a Pedro Tagliabue, Compañía de Riego del VIRCh por sus aportes a la línea de investigación. Se agradece también a Facundo Irigoyen, personal técnico del CCT CONICET-CENPAT, por su apoyo en la toma de datos de campo.

## 7. Referencias bibliográficas

- Belgiu, M. & Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>
- Diario Jornada. (17 de mayo 2022). *Intendentes del Valle se reunieron en Rawson por la crisis hídrica en el Río Chubut*. <https://www.diariojornada.com.ar> [https://www.diariojornada.com.ar/325640/politica/intendentes\\_del\\_valle\\_se\\_reunieron\\_en\\_rawson\\_por\\_la\\_crisis\\_hidrica\\_en\\_el\\_rio\\_chubut](https://www.diariojornada.com.ar/325640/politica/intendentes_del_valle_se_reunieron_en_rawson_por_la_crisis_hidrica_en_el_rio_chubut)
- Díaz, L. (2018). *Eficiencia en el uso del agua de pasturas consociadas dominadas por Festuca Alta (Festuca arundinacea schreb) bajo dos sistemas contrastantes de pastoreo ovino en el Valle Inferior del Río Chubut*
- ESA (Agencia Espacial Europea). (2015). *Sentinel-2 user handbook and exploitation tools* (Vol. 1). European Commission.
- Flaherty, S., Liberoff, A., Trujillo Gimenez, A., Pessacg, N., Pacheco, C. & Diaz, L. (2022). *Clasificación multitemporal de Sentinel-2 en el Valle Inferior del Río Chubut* XII Jornadas Patagónicas de Geografía- II Congreso Internacional de Geografía de la Patagonia Argentino-Chilena, Comodoro Rivadavia. <https://acortar.link/PirCYq>.
- Gascon, F., Bouzinac, C., Thépaut, O., Jung, M., Francesconi, B., Louis, J.,... Fernandez, V. (2017). Copernicus Sentinel-2A Calibration and Products Validation Status. *Remote Sensing*, 9(6).
- Huang, G., Liu, Z., van der Maaten, L. & Weinberger, K. Q. (2016). Densely Connected Convolutional Networks. arXiv:1608.06993. Retrieved August 01, 2016, from <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016arXiv160806993H>
- Liberoff, A., Pessacg, N., Flaherty, S., Díaz, L., Hernández, M., Bär Lamas, M.,...Rius, P. (2023). *Reporte del taller virtual "Cambios de uso y cobertura del suelo del VIRCh"*. <https://www.repositorio.cenpat-conicet.gob.ar/items/22a77d4d-f8d1-4198-a211-db92d0aca707>
- Liberoff, A. L., Flaherty, S., Hualde, P., García Asorey, M. I., Fogel, M. L. & Pascual, M. A. (2019). Assessing land use and land cover influence on surface water quality using a parametric weighted distance function. *Limnologica*, 74, 28-37.

- Malek, Ž., Boerboom, L. & Glade, T. (2015). Future Forest Cover Change Scenarios with Implications for Landslide Risk: An Example from Buzau Subcarpathians, Romania. *Environmental Management*, 56(5), 1228-1243. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0577-y>
- Ménard, A. & Marceau, D. J. (2007). Simulating the impact of forest management scenarios in an agricultural landscape of southern Quebec, Canada, using a geographic cellular automata. *Landscape and Urban Planning*, 79(3), 253-265. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.02.016>
- Mustak, S., Uday, G., Ramesh, B. & Praveen, B. (2019). Evaluation of the performance of SAR and SAR-optical fused dataset for crop discrimination. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-3/W6, 563-571. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W6-563-2019>
- Olivier, T., Aigo, J. & Pascual, M. (2018). *Gobernanza hídrica en el Valle Inferior del Río Chubut. Reporte Ejecutivo*. <https://www.repositorio.cenpat-conicet.gob.ar/handle/123456789/1270>.
- Olivier, T. & Berardo, R. (2022). Birds of a Feather Fight Together: Forum Involvement in a Weakly Institutionalized Ecology of Policy Games. *Policy Studies Journal*. <https://doi.org/10.1111/psj.12418>
- Pascual, M. A., Olivier, T., Brandizi, L., Rimoldi, P., Malnero, H. A. & Kaless, G. (2020). *Cuenca del Río Chubut. Análisis de Factibilidad para Fondo de Agua*. <https://www.repositorio.cenpat-conicet.gob.ar/handle/123456789/1271>.
- Pessacg, N., Liberoff, A., Salvadores, F., Rimoldi, P., Brandizi, L., Alonso Roldán, V.,...Díaz, L. (2021). *Emergencia Hídrica 2021-2022: Situación socio-ambiental de las cuencas de los ríos Chubut y Senguer*.
- Pluto-Kossakowska, J. (2021). Review on Multitemporal Classification Methods of Satellite Images for Crop and Arable Land Recognition. *Agriculture*, 11(10).
- Sabet Sarvestani, M., Ibrahim, A. L. & Kanaroglou, P. (2011). Three decades of urban growth in the city of Shiraz, Iran: A remote sensing and geographic information systems application. *Cities*, 28(4), 320-329. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.03.002>
- Trujillo-Jiménez, M. A., Liberoff, A. L., Pessacg, N., Pacheco, C., Díaz, L. & Flaherty, S. (2022). SatRed: New classification land use/land cover model based on multi-spectral satellite images and neural networks applied to a semiarid valley of Patagonia. *Remote Sensing*

*Applications: Society and Environment*, 26, 100703. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100703>

Vuolo, F., Neuwirth, M., Immitzer, M., Atzberger, C. & Ng, W.-T. (2018). How much does multi-temporal Sentinel-2 data improve crop type classification? *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 72, 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.06.007>

## Notas

[1]

Cada conjunto de datos está conformado por los datos de entrenamiento, validación e imagen satelital



**Disponible en:**

<http://portal.amelica.org/ameli/journal/739/7394979010/7394979010.pdf>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en [portal.amelica.org](http://portal.amelica.org)

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe,  
España y Portugal  
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la  
naturaleza académica y abierta de la comunicación científica

Ana L. Liberoff, Natalia L. Pessacg, Cristian Pacheco,  
Magda Alexandra Trujillo-Jiménez, Lucas Díaz, Silvia Flaherty  
**Tecnología y participación social para el mapeo de uso y  
cobertura del suelo en el Valle Inferior del Río Chubut**  
Technology and social participation for land use and land  
cover mapping in the lower Chubut River basin

*Párrafos Geográficos*

vol. 1, núm. 23, p. 88 - 113, 2024

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco,  
Argentina

[parrafosgeograficos@fhcs.unp.edu.ar](mailto:parrafosgeograficos@fhcs.unp.edu.ar)

**ISSN:** 1853-9424

**ISSN-E:** 1666-5783