

Crecimiento y expansión urbana de las ciudades de la Cuenca Inferior del Río Chubut en el período 1991-2022 y su vinculación con el consumo de agua

María Isabel Márquez^a

Santiago Linares^b

Introducción

El recurso hídrico proporciona un lente particularmente importante a través del cual se fundamentan y comprenden las dinámicas urbanas y territoriales y sus vías de conexión. Como recurso de flujo, el agua, en sus múltiples modalidades y sustancias se mueve desde espacios rurales a través de ciudades, pasando y conectando una diversidad de sectores y barrios (posicionados de manera desigual) y fluye nuevamente de regreso al río o a otros lugares. En el camino, el agua toma literalmente características y «huellas» de los diversos lugares por los que pasa (Salamanca Villamizar *et al.*, 2020:9).

Es justamente a escala de territorio donde se produce la interrelación e interdependencia entre los sistemas físico, biótico y socioeconómico, posibilitando la evaluación de los impactos a nivel sistema, como así también la adquisición de conocimiento acerca de la situación ambiental y el uso sostenible del recurso (Global Water Partnership [GWP], 2000; Hasdenteufel *et al.*, 2008). La disponibilidad y calidad decrecientes del agua y su distribución desigual, llevan a presiones crecientes de la sociedad sobre la naturaleza, amenazando la disponibilidad futura e intensificando a su vez los conflictos (Salamanca Villamizar *et al.*, 2020).

Los cambios en el uso de los recursos naturales, principalmente la tierra aguas arriba acarrearán una modificación del ciclo hidrológico dentro de la cuenca aguas abajo en cantidad, calidad, oportunidad y lugar. Es por estas razones que en el ámbito de una cuenca es donde se puede lograr una mejor integración entre la gestión y el aprovechamiento del agua, y las acciones de manejo, explotación y control de uso de otros recursos naturales que tienen repercusiones en el sistema hídrico (Dourojeanni *et al.*, 2002). De esta manera y desde un concepto integrador, una cuenca hidrográfica puede ser definida como un sistema de relaciones sociales, económicas y ecológicas, cuya base geográfica es una red de drenaje superficial que fluye a un mismo río, lago o mar con un territorio que lo comprende (Gaspari y Senisterra, 2016).

La cuenca del río Chubut es la segunda más extensa de la Patagonia, su cauce principal se extiende por 1.080 km a través de una de las zonas más áridas de la Patagonia (Pascual *et al.*, 2020), y depende únicamente de las precipitaciones que recibe en sus nacientes. Esta cuenca es entendida como eje de la dinámica regional, dado que constituye el principal recurso hídrico de sectores y localidades de interés arqueológico, cultural, turístico, geológico, tecnológico y productivo en la provincia de Chubut. La relevancia de llevar a cabo un abordaje a escala cuenca

^a Instituto Patagónico de Ciencias Sociales y Humanas (IPCSH CCT-CONICET CENPAT), mmarquez@cenpat-conicet.gob.ar

^b Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCs CCT CONICET TANDIL), slinares@fch.unicen.edu.ar

se fundamenta en que permite dimensionar su complejidad y su funcionamiento como un sistema de captación y concentración de agua, en donde se establecen asentamientos humanos que hacen uso de los recursos, y en el cual todas las piezas se encuentran interconectadas entre sí (García, 2006).

En función de lo expuesto, el análisis de los usos del suelo adquiere importancia en la gestión ambiental de territorios urbanos, periurbanos y rurales. Un insumo básico para lograr estos objetivos es contar con información actualizada, confiable y espacialmente explícita sobre la cobertura y uso del suelo, así como sus cambios a lo largo del tiempo.

La percepción remota o teledetección consiste en un conjunto de técnicas que permiten obtener información de los objetos de la superficie terrestre a partir del análisis de su respuesta espectral. En general, los sistemas de captura de datos están constituidos por sensores transportados por aeronaves o satélites, que son capaces de recibir y almacenar la respuesta espectral de estos objetos en varias bandas del espectro electromagnético. La información así obtenida es plasmada en material fotográfico, conformando archivos digitales que pueden ser analizados mediante algoritmos de clasificación numérica o a través de análisis visuales.

Independientemente del método de interpretación que se utilice, las imágenes satelitales, incluidas las fotografías, resultan una herramienta efectiva para derivar mapas de cobertura del terreno, distribución de las formas del relieve (mismas que permiten diferenciar tipos de roca y de suelos), así como cartografiar fielmente cauces, cuerpos de agua y otros elementos culturales del territorio (localidades, infraestructura). Asimismo, estos insumos ofrecen la posibilidad de describir usos del suelo en grandes extensiones (Guerschman *et al.*, 2003), mapeándolos y caracterizándolos a escala regional (Alperín *et al.*, 2002); al mismo tiempo que permiten identificar las diversas actividades y recursos naturales, y monitorear sus transformaciones de una manera relativamente sencilla y a bajo costo (Vazquez y Rivas, 2009).

Se evidencia que una de las virtudes innegables de la teledetección aplicada a espacios urbanos es la idoneidad para conocer la extensión, magnitud y evolución del área construida de una ciudad. Los desafíos en la actualidad pretenden ir más allá intentando obtener información pormenorizada sobre la diferenciación de coberturas en su interior, inferencia sobre las densidades de los asentamientos y caracterización de los distintos usos del suelo (Picone y Linares, 2014). Las consecuencias o los impactos del crecimiento urbano, ya sea malos o buenos, también son necesarios para ser entendidos y evaluados hacia el logro de un crecimiento urbano sostenible (Bhatta, 2010).

En el año 2019, el 1,12% de la superficie total de la Cuenca Inferior del Río Chubut (CIRCh) se encontraba ocupada por áreas urbanas, correspondientes a las ciudades de Trelew, Rawson, Playa Unión, Gaiman y Dolavon. Sin considerar a Puerto Madryn, las áreas urbanas sumaban 6.388,11 ha, respecto de un total de 571.230,09 ha (Márquez *et al.*, 2019). Si bien las áreas urbanas ocupan un pequeño porcentaje respecto de la superficie total de la cuenca, son las que generan mayor modificación del ambiente, ya que presentan casi la mitad de la población total de la provincia y están vinculadas al Valle Inferior del Río Chubut (VIRCh), que es la segunda zona productiva de toda la Patagonia.

Estas áreas urbanas y rurales y sus respectivas actividades económicas dan lugar a la transformación de suelos potencialmente productivos en loteos para construcción. Dichos poblados también propician el turismo, particularmente el agroturismo, el turismo cultural específico de la cultura galesa (visitas a capillas, ceremonia del té gales), el turismo científico (Abbondio, 2019) y, por último, actividades industriales en las principales ciudades. Entre las problemáticas ambientales asociadas a estos usos del suelo se pueden mencionar la contaminación por residuos sólidos urbanos e industriales, contaminación hídrica y de suelos por efluentes cloacales e industriales, la contaminación atmosférica por gases de efecto invernadero, tanto provenientes de los medios de transporte y usos domiciliarios urbanos como de las actividades industriales, contaminación sonora, entre otras.

Una de las problemáticas ambientales actuales en la CIRCh, vinculada directamente con el recurso hídrico es el aumento de la superficie de la Laguna Negra, por el volcado de efluentes en el periurbano oriental de la ciudad de Trelew, tema que ha sido estudiado en varios trabajos (Alcarraz *et al.*, 2008; March, 2007; 2016). Dichos estudios abordan la problemática desde un análisis del territorio a través de técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

A su vez, en sintonía con la transformación del paisaje en el VIRCh se encuentra el trabajo *La ciudad de Trelew y su Valle: una relación dialéctica entre lo rural y lo urbano* (González Valenzuela *et al.*, 2015), que trata sobre la problemática actual del loteo en las chacras del valle, dando lugar al avance de lo urbano sobre espacios tradicionalmente productivos y generando diversas consecuencias ambientales. El VIRCh comprende un espacio conflictivo dialéctico entre las nuevas prácticas que están dejando de lado aquellas otras prácticas que le dieron origen. El avance de la urbanización implica, además del uso de nuevas tierras, un conjunto de pautas culturales tales como el individualismo y la propiedad privada, y una diversidad de problemáticas ambientales asociadas (González Valenzuela *et al.*, 2015).

En cuanto a la producción de agua, como resultante del balance entre la evaporación-precipitación y dependiente de la cobertura y tipo de suelo, se han realizado diversos trabajos en torno a los efectos del cambio climático sobre la precipitación, evapotranspiración, humedad del suelo, escorrentía superficial y el ciclo hidrológico, en donde pudieron estimar que en un período de 70 años se podría dar una baja promedio del 30% del caudal del río Chubut (Brandizi *et al.*, 2014; Flaherty *et al.*, 2017; Pessacg *et al.*, 2015). En este contexto, es urgente prestar atención al avance de la urbanización y al agotamiento de los recursos ya que, de lo contrario, los esfuerzos por lograr y mantener la seguridad hídrica se verán perjudicados y los conflictos sobre su uso se intensificarán.

Con el propósito de desarrollar resiliencia al cambio climático en todo el sistema y de evitar la escasez de agua, el aumento de riesgos de inundaciones y la contaminación causada por aguas residuales no tratadas, se debe revisar las premisas subyacentes de la gestión convencional del agua en el ámbito urbano. La era futura será una de integración y diversificación de escalas, recursos, sectores y servicios (GWP, 2011). También es importante rescatar en este punto lo referido a la Red Argentina de Municipios Frente al Cambio Climático (RAMFCC) dado que se constituye como una instancia de coordinación e impulso de las políticas públicas

locales para enfrentar el cambio climático en las ciudades y pueblos de la Argentina. Dentro de la red de conglomerados de la RAMFCC se insertan Rawson y Trelew, a una distancia de 20 km entre sí, pertenecientes a la CIRCh.

Se observa que el porcentaje de la población de los municipios que conforman los aglomerados pertenecientes a la RAMFCC alcanzan valores inferiores a la media del conjunto, y en el caso de Trelew el valor aún es considerado como bajo hasta el año 2020 (Zulaica y Vazquez, 2021). Por lo tanto, se considera esencial apoyar a la red que coordina e impulsa planes estratégicos para hacer frente al cambio climático, con la finalidad de que las ciudades y pueblos que integran la cuenca se mantengan con valores mínimos. La RAMFCC considera tanto a los gobiernos locales como a los actores, claves para transformar los desafíos en acciones concretas de mitigación y adaptación al cambio climático.

El objetivo de este trabajo fue identificar el vínculo entre consumo de agua de red pública y el crecimiento en superficie (cobertura, extensión) de las ciudades de la CIRCh en el período 1991-2022.

Metodología

Área de estudio

La cuenca del río Chubut es la segunda más extensa de la Patagonia, abarca una superficie de 53.234 km² y su cauce principal se extiende por 1.080 km desde las nacientes en las áreas húmedas cordilleranas de las provincias de Río Negro y Chubut hasta su desembocadura en el océano Atlántico. El último tramo de 200 km del río está regulado por el Dique Florentino Ameghino y en los últimos 100 km se desarrolla el segundo valle irrigado en extensión de la Patagonia y un conjunto de ciudades y pueblos asociados originariamente con la actividad agrícola.

El caudal del río Chubut depende de las precipitaciones que recibe en sus nacientes. Sus crecientes son torrenciales e irregulares y se presentan fundamentalmente en otoño e invierno. La zona productora de agua comprende una franja de apenas 30 km de ancho sobre la cordillera de los Andes, hacia el este de la cual la cuenca se extiende a través de una de las zonas más áridas de la Patagonia (Kaleš et al., 2008; Pascual et al., 2020).

Geomorfológicamente se localiza en la meseta patagónica y el clima correspondiente a este sector de la Patagonia extra andina es semiárido. La temperatura media anual es de 13,5°C, registrándose máximas absolutas en los meses de verano (diciembre, enero y febrero) que superan los 31°C, y temperaturas mínimas absolutas en los meses de junio, julio y agosto con registros de hasta -1,4°C (March, 2016). El viento es un elemento característico del lugar, siendo su dirección predominante del oeste-suroeste (los denominados *westerlies*). Su intensidad máxima supera los 90 km/h en las estaciones de primavera y verano y el valor medio anual de intensidad es de 18 km/h. La persistencia del viento es, en parte, la responsable de la típica sequedad de la zona conjuntamente con la escasa y variable precipitación (Programa de Servicios Agrícolas Provinciales [PROSAP], 2012).

En cuanto a las precipitaciones, la mayor parte de la región integra la denominada diagonal árida, que comienza a manifestarse al sur de las costas

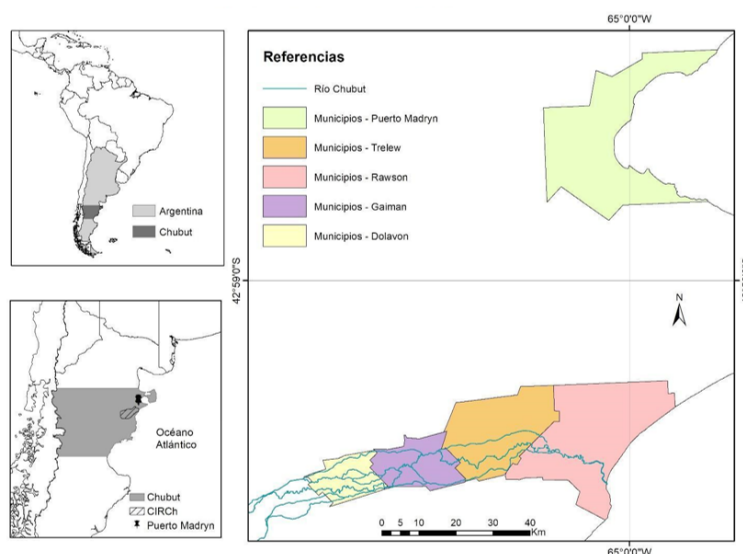
ecuatorianas (golfo de Guayaquil) y se extiende hasta la costa atlántica de la Patagonia. Según registros meteorológicos aportados por la estación agrometeorológica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Agropecuaria Chubut (INTA EEA Chubut) (serie 2008-2015) las precipitaciones anuales oscilan entre 112 y 190 mm.

Biogeográficamente, y de acuerdo con la clasificación propuesta por Cabrera y Willink (1973), pertenece al Distrito Austral de la Provincia Fitogeográfica del Monte. Emplazada en la Ecorregión Monte de llanuras y mesetas (Burkart *et al.*, 1999), la irregularidad de la topografía y la disponibilidad de agua potable condicionan el establecimiento de las urbanizaciones, encontrándose la mayoría de ellas en las zonas próximas al río Chubut.

El área de estudio del presente trabajo la conforman los municipios de las ciudades pertenecientes a la CIRCh y la ciudad de Puerto Madryn (Figura 1). La CIRCh está ubicada al noreste de la provincia de Chubut, Argentina y comprende el área del río Chubut desde el Dique Florentino Ameghino hasta la desembocadura en la bahía Engaño (mar Argentino, Atlántico).

La CIRCh es y ha sido espacio de asentamiento y desarrollo social de diversas comunidades originarias, inmigrantes y de poblaciones urbanas y rurales actuales. Incluye al VIRCh y a las localidades de 28 de Julio, Dolavon, Gaiman, Trelew y Rawson, las cuales presentan el 45% de la población total de la provincia (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC], 2010). El VIRCh constituye la segunda zona productiva de toda la Patagonia argentina, generando alrededor de la mitad de la producción agropecuaria de la provincia y albergando el 12% de la población patagónica (Pascual, 2017). Si bien la ciudad de Puerto Madryn queda fuera de los límites de la cuenca propiamente dicha, se incluirá en el estudio debido a que está funcionalmente asociada a la CIRCh, dado que se abastece del agua del río Chubut para consumo de su población y actividades productivas.

Figura 1. Ubicación del área de estudio. Municipios analizados para el período 1992-2022, Chubut, Argentina



Fuente: elaboración personal

Métodos

El primer paso para determinar las manchas urbanas en el área de estudio consistió en la elección y descarga de las imágenes satelitales Landsat 5 sensor TM (Path/Row: 227/90) correspondientes a los años 1992, 2001 y 2010. Específicamente las fechas de adquisición fueron del 19/01/1992; 12/02/2001 y 05/02/2010; todas obtenidas del portal de imágenes satelitales EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Las imágenes seleccionadas representan condiciones atmosféricas análogas: fueron tomadas en verano y presentan similar ángulo de incidencia solar.

Luego, se llevó a cabo el procesamiento de la imagen, para lo cual se utilizó el *software* ArcMap 10.5. Esta etapa se subdividió en: el preprocesamiento, el procesamiento propiamente dicho y el postprocesamiento. La corrección geométrica no fue necesaria en esta oportunidad ya que las imágenes seleccionadas para trabajar fueron preprocesadas por el Sistema de Generación de Productos Landsat (LPGS) y corresponde a un nivel de procesamiento L1TP. Esta nomenclatura hace referencia a que las imágenes se encuentran georreferenciadas, en este caso en la proyección UTM, Zona 20, y datum WGS-84. Se utilizaron las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7, las cuales fueron unidas a través de la herramienta Image Analysis, en la cual se seleccionan las bandas que se quieren combinar con la función Composite Bands.

Al compilar las seis bandas se genera una nueva imagen multibandas, a través de un *layer stack*. Este procedimiento fue realizado para las tres imágenes correspondientes a los años 1992, 2001 y 2010. A continuación, se aplicó sobre la imagen el vector de los límites de los municipios a través de la creación y aplicación de una máscara, con la herramienta Extract by mask. Este vector se realizó como capa de polígono en ArcMap 10.5 utilizando las capas de los municipios de Puerto Madryn, Rawson-Playa Unión, Trelew, Gaiman y Dolavon, descargadas de la plataforma <https://mapa.poblaciones.org/>, y uniéndolas a través de la herramienta Merge. Cabe destacar que el municipio de 28 de Julio también forma parte de la CIRCh, pero ha quedado excluido del análisis debido a que su población, según el censo de 2010 era de 1.029 habitantes (INDEC, 2010), no llegando a la cifra de 2.000 habitantes a partir de la cual se consideraría ciudad.

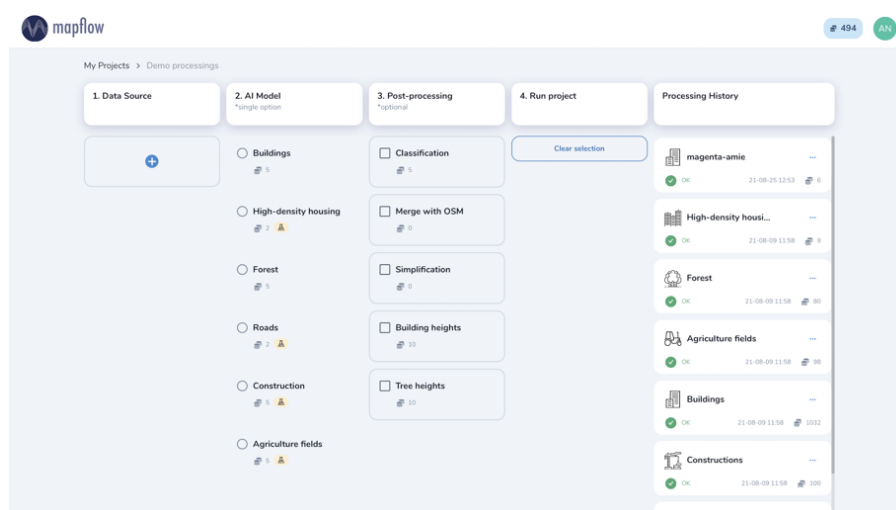
Posteriormente, se inició el procesamiento propiamente dicho, que consistió en realizar una clasificación no supervisada de las tres imágenes. Para ello se aplicó la herramienta Iso Cluster Unsupervised Classification con diferentes opciones de número de clases: 500, 300 y 150. La determinación de las clases se construyó por observación directa de los píxeles y comparación con las áreas urbanas de la imagen correspondiente a cada año, es decir, se seleccionaron los píxeles de las clases que se encontraban claramente superpuestos sobre usos del suelo urbano y áreas construidas. Para las tres imágenes: 1992, 2001 y 2010, la clasificación que mejores resultados de exactitud mostró fue la de 300 clases. Obteniendo un valor medio de exactitud global entre las tres clasificaciones del 83% ($\pm 2\%$).

Por cada clasificación se creó un nuevo campo en la tabla de atributos, llamado «Urbano» y a las clases que indicaron píxeles cubiertos por áreas urbanas se les asignó el valor de 1 en dicho campo. De esta manera, al finalizar la selección de

dichas clases se extrajeron los píxeles que presentaron valor 1 a través de la herramienta Reclass, obteniendo un nuevo ráster de valores 0 y 1.

Con respecto al año 2022, se utilizó una aplicación *web* inédita para estudios urbanos en la República Argentina, se trata de la aplicación Mapflow (<https://mapflow.ai/>) (Figura 2), perteneciente a la empresa GeoAlert (<https://geoalert.io/>), la cual permite identificar las superficies edificadas a partir de imágenes satelitales de muy alta resolución. Las imágenes utilizadas provienen de Mapbox Satellite, es un proveedor de imágenes satelitales de alta resolución; dentro de las cuales utilizamos las imágenes Vivid Basic de Maxar. Estas imágenes tienen una resolución espacial de 0,5m, la precisión de georreferenciación es de unos 3-5 m y la antigüedad no supera los dos años. La aplicación parte de la definición de un área de interés, y sobre ellas las imágenes son procesadas por inteligencia artificial (modelos de redes neuronales) de acuerdo al tipo de patrón que se desea extraer, que para nuestro caso se refiere a los perímetros de las parcelas con edificaciones. Los productos teledetectados se pueden descargar en los siguientes formatos: CSV, KML, GeoJSON, TopoJSON, WKT y Shapefile.

Figura 2. Interfaz de usuario de la aplicación Mapflow



Fuente: https://docs.mapflow.ai/userguides/get_started.html

El paso siguiente consistió en utilizar la capa de superficie edificada obtenida para el año 2022 como máscara de recorte sobre los tres ráster obtenidos de procesar las imágenes Landsat (1992, 2001 y 2010), para reducir los errores provocados por la mayor resolución (30 metros) de estas y las respuestas espectrales similares sobre ciertas superficies, tales como afloramientos rocosos, rellenos o caminos.

Por último, en la etapa de postprocesamiento se obtuvieron los estadísticos de superficie edificada de cada clase y se adquirieron las superficies edificadas para cada período. Finalmente, se almacenaron los valores de los píxeles en la tabla de atributos de cada parcela edificada detectada y se confeccionaron los mapas temáticos finales para cada localidad (Figuras 4, 5, 6, 7 y 8). Con dichos valores se identificaron los ritmos de crecimiento para cada localidad en el período comprendido entre 1992 y 2022 (Tabla 1).

Se confeccionaron los mapas temáticos para cada localidad y se analizaron los valores obtenidos. Asimismo, se construyeron y analizaron las tablas sobre población (Tabla 2), hogares (Tabla 3) y hogares con acceso a agua de red (Tabla 4), en base a los censos 1991, 2001 y 2010, y proyecciones al año 2022 a través de funciones lineales de regresión. Dado que la cantidad de habitantes y de hogares para el año 2022 no se encuentra aún publicada al momento de la realización de este análisis, los datos en las tablas para este año corresponden a una proyección, tomando como referencia la tasa de crecimiento entre los dos últimos censos (INDEC, 2015). Asimismo, para estimar el valor de cantidad de hogares con acceso a agua de red en el año 2022 se aplicó un análisis de regresión lineal simple que emplea los metros cuadrados de superficie edificada para cada localidad como variable independiente y predictora de la cantidad de hogares con acceso a agua de red (variable dependiente) (Montero Granados, 2016).

Resultados

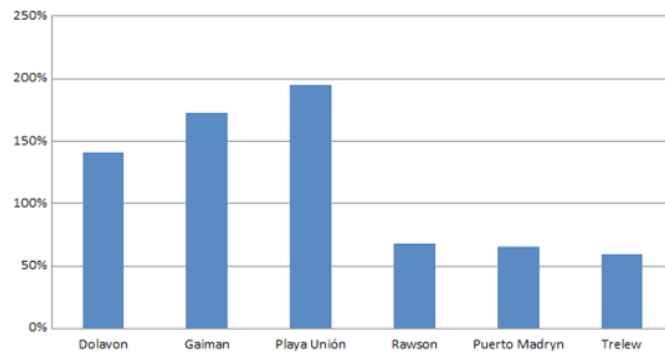
En este apartado se presentan los ritmos de crecimiento y expansión de la superficie edificada, población, hogares, como así también la variación de conexiones a red pública de agua para cada una de las localidades en el área de estudio en el período comprendido entre 1991 y 2022. En la Tabla 1 y Figura 3 se presenta la variación de la superficie edificada para cada año y se muestra el crecimiento sostenido e importante, aunque heterogéneo que han tenido las localidades en la región. Es por ello que se realiza una descripción individual de los cambios para cada localidad, tanto en su dinámica global como en su patrón de distribución espacial al interior del área urbanizada (Figuras 4, 5, 6, 7 y 8).

Tabla 1. Superficie edificada por localidad y por año. Trelew, Puerto Madryn, Rawson, Playa Unión, Gaiman y Dolavon (1992-2022)

Superficie edificada (m2)	1992	2001	2010	2022	Crecimiento 1992-2022
Dolavon	217.325	321.339	385.741	522.053	304.728
Gaiman	304.856	472.190	579.523	830.774	525.918
Playa Unión	469.210	777.635	1.134.832	1.381.101	911.890
Rawson	1.707.820	2.401.680	2.581.490	2.865.685	1.157.864
Puerto Madryn	5.551.859	6.923.417	7.698.699	9.173.804	3.621.946
Trelew	6.631.115	8.530.204	9.299.879	10.543.594	3.912.480
Total	14.882.185	19.426.464	21.680.165	25.317.011	10.434.826

Fuente: elaboración personal

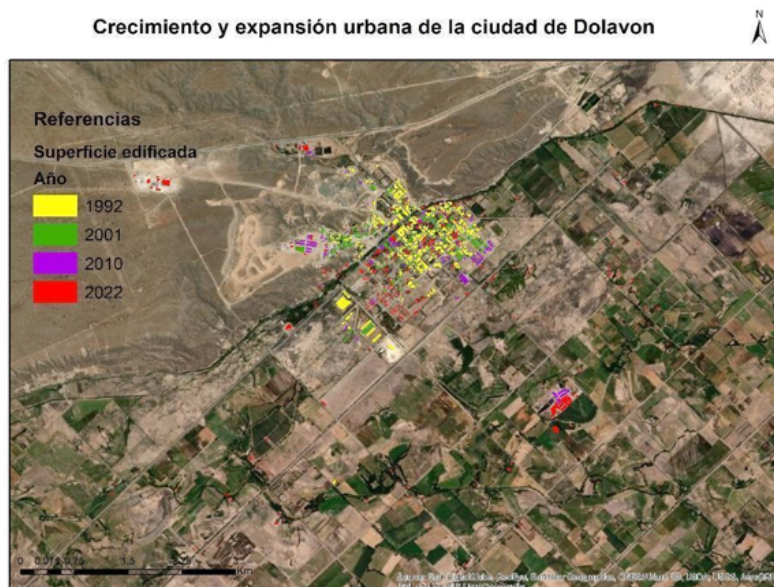
Figura 3. Crecimiento relativo en % para el período 1992- 2022 de las localidades estudiadas. Trelew, Puerto Madryn, Rawson, Playa Unión, Gaiman y Dolavon



Fuente: elaboración personal

Para el caso de la localidad de Dolavon, el aumento en la superficie edificada entre los años 1992 y 2022 es de 304.728 m², lo cual corresponde a un incremento de un 140%. En Gaiman, el aumento en la superficie edificada entre los años 1992 y 2022 es de 525.918 m², lo cual corresponde a un incremento de un 173%. Para el aglomerado de Rawson-Playa Unión corresponde realizar un análisis particularizado para cada localidad, dadas sus diferencias en la dinámica intraurbana. Para Rawson el aumento en la superficie edificada entre los años 1992 y 2022 fue de 1.157.864 m², que corresponde a un incremento de un 68%. Por su parte, el balneario Playa Unión ha tenido un aumento en la superficie edificada entre los años 1992 y 2022 de 911.890 m², lo cual corresponde a un incremento de un 194%, tres veces superior al de la localidad cabecera del departamento. Puerto Madryn muestra un aumento en la superficie edificada de 3.621.946 m², correspondiente a un incremento de un 65% y finalmente Trelew exhibe un crecimiento de la superficie edificada en el período de 3.912.480m², lo cual corresponde a un incremento de un 59%.

Figura 4. Crecimiento y expansión urbana de la ciudad de Dolavon en el período 1992-2022



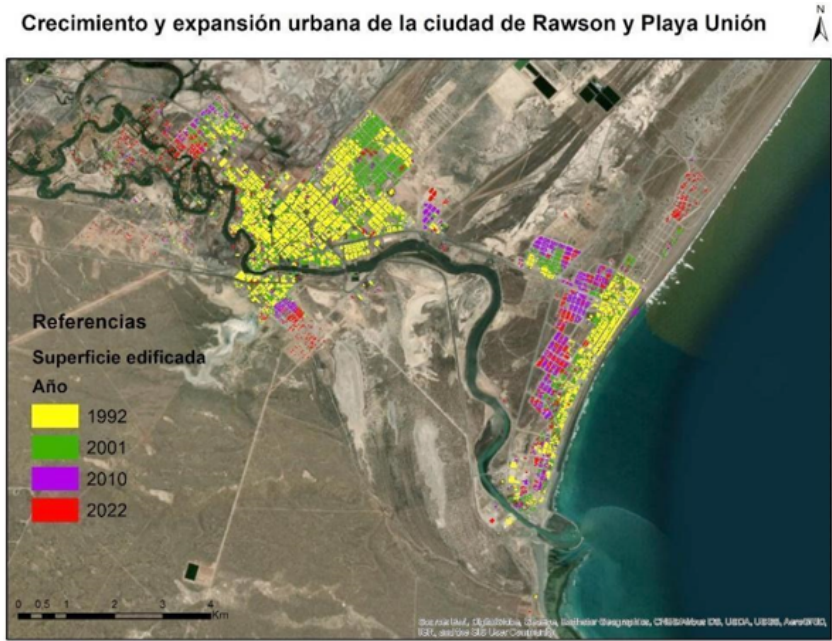
Fuente: elaboración personal

Figura 5. Crecimiento y expansión urbana de la ciudad de Gaiman en el período 1992-2022



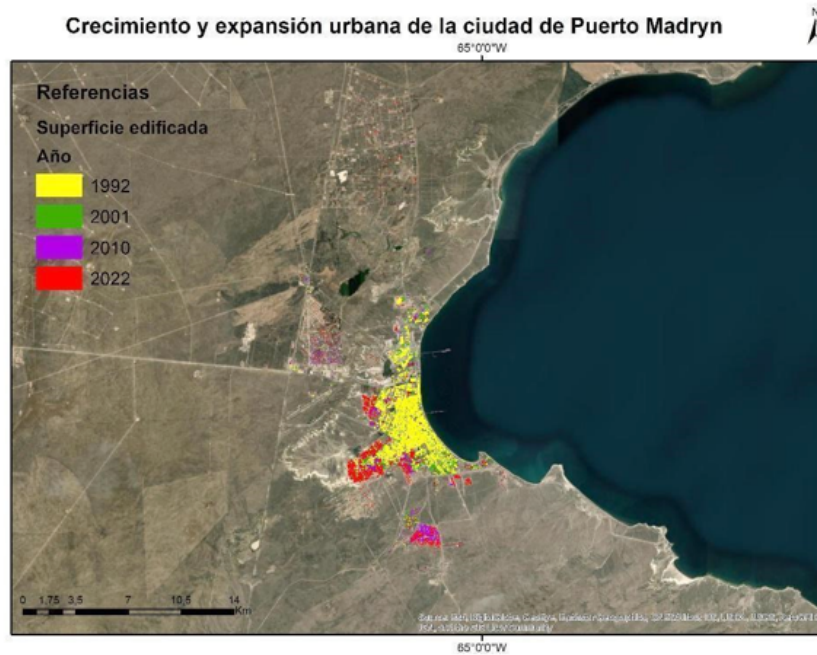
Fuente: elaboración personal

Figura 6. Crecimiento y expansión urbana de la ciudad de Rawson y Playa Unión en el período 1992-2022



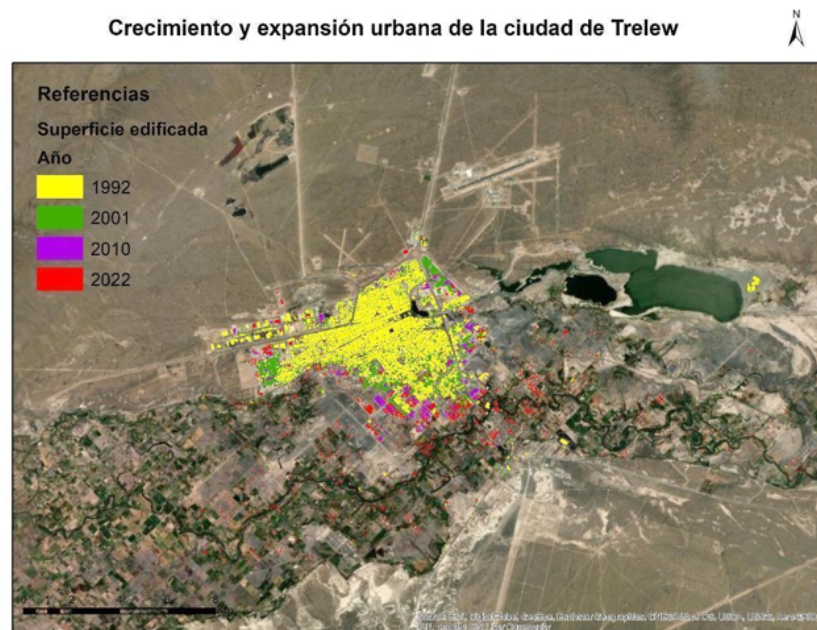
Fuente: elaboración personal

Figura 7. Crecimiento y expansión urbana de la ciudad de Puerto Madryn en el período 1992-2022



Fuente: elaboración personal

Figura 8. Crecimiento y expansión urbana de la ciudad de Trelew en el período 1992-2022



Fuente: elaboración personal

De los datos obtenidos se puede concluir que las ciudades que más han crecido en valores absolutos de superficie durante el período estudiado han sido: Trelew, Puerto Madryn y Rawson, pero en valores relativos las que más han crecido en porcentaje son: Playa Unión, Gaiman y Dolavon.

Para una mejor interpretación de la evolución de la superficie edificada y su vinculación con el consumo de agua de red, estos resultados se analizan en relación

al crecimiento de la población en el área de estudio, obtenido de los censos correspondientes a cada año analizado (Tabla 2), a la cantidad de hogares por localidad y por año (Tabla 3) y a la cantidad de hogares con acceso a agua de red (Tabla 4).

Tabla 2. Datos censales de cantidad de población por localidad y por año. Trelew, Puerto Madryn, Rawson, Playa Unión, Gaiman y Dolavon (1991-2022)

Población	1991	2001	2010	2022*	Crecimiento 1991-2022
Dolavon	2.613	2.929	3.307	3.685	1.072
Gaiman	4.642	5.753	6.627	7501	2.859
Playa Unión	1.164	3.212	6.775	10.338	9.174
Rawson	19.161	22.360	24.616	26.872	7.711
Puerto Madryn	45.047	57.791	81.995	106.199	61.152
Trelew	79.340	89.547	99.430	109.313	29.973
Total	151.967	181.592	222.750	263.908	111.941

*Proyección en base a tasa de crecimiento intercensal 2001-2010

Fuente: elaboración personal sobre la base de datos censales nacionales (INDEC, 1991; 2001; 2010)

Se observa que las ciudades de mayor crecimiento demográfico en el período han sido Puerto Madryn (61.152) y Trelew (29.973). Aunque en términos relativos, llama la atención la desproporcionada recepción de población a la localidad de Playa Unión, que ha crecido en términos relativos un 788%, seguido de la ciudad de Puerto Madryn, que muestra una tasa de crecimiento en el período de 135%.

Continuando con el análisis de las tasas de expansión urbana y su vínculo con el recurso hídrico, a continuación se presentan los resultados obtenidos de los censos nacionales de la cantidad de hogares particulares y específicamente de aquellos con acceso a agua de red pública en los años 1991, 2001 y 2010 por cada una de las seis localidades estudiadas.

Tabla 3. Datos censales de cantidad de hogares por localidad y por año. Trelew, Puerto Madryn, Rawson, Playa Unión, Gaiman y Dolavon (1991-2022)

Cantidad de hogares	1991	2001	2010	2022*	Crecimiento 1991-2022
Dolavon	761	887	1.081	1.275	514
Gaiman	1.360	1.651	2.079	2.507	1.147
Playa Unión	339	1.060	2.401	3.742	3.403
Rawson	5.158	7.076	9.779	12.482	7.324
Puerto Madryn	11.733	15.492	24.177	32.862	21.129
Trelew	21.262	25.324	31.345	37.366	16.104
Total	40.613	51.490	70.862	90.234	49.621

*Proyección en base a tasa de crecimiento intercensal 2001-2010

Fuente: elaboración personal sobre la base de datos censales nacionales (INDEC, 1991, 2001, 2010)

Tabla 4. Datos censales de cantidad de hogares con acceso a agua de red pública por localidad y por año. Trelew, Puerto Madryn, Rawson, Playa Unión, Gaiman y Dolavon (1991-2022)

Hogares con conexión a agua de red	1991	2001	2010	2022*	Crecimiento 1991-2022
Dolavon	501	803	987	1.383	882
Gaiman	827	1.345	1.852	2.736	1.909
Playa Unión	316	1.059	2.400	3.110	2.794
Rawson	4.209	6.990	9.723	10.580	6.371
Puerto Madryn	9.744	15.466	23.763	31.669	21.925
Trelew	16.196	24.852	30.719	36.481	20.285
Total	31.793	50.515	69.444	85.959	54.166

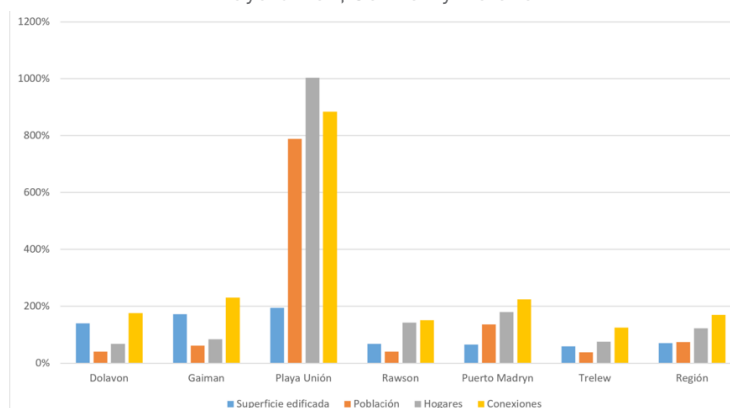
*Proyección en base a los cambios de la superficie edificada

Fuente: elaboración personal sobre la base de datos censales nacionales (INDEC, 1991, 2001, 2010)

En principio, en la Figura 9 se puede observar que dentro de los cambios acontecidos en la región se evidencia un fuerte crecimiento de los hogares con conexiones a agua por red del 170% entre el año 1991 y 2022, superando por más del doble al crecimiento de la superficie edificada o expansión urbana (70%), al crecimiento demográfico entre el mismo período (73%) y también superando al crecimiento de los hogares (122%). Esta tendencia evidencia, por un lado, que el consumo de agua gracias a la disponibilidad del servicio en el hogar se ha incrementado en las últimas décadas y lo seguirá haciendo en el futuro, a una tasa de crecimiento de más del doble que la expansión urbana y población, y en un 40% más que el crecimiento de los hogares en la región. También se puede inferir que este proceso se debe, en parte, a la construcción de nuevas viviendas y constitución de hogares en ellas, y a la reivindicación histórica del acceso al agua potable en hogares particulares que ha venido evolucionando favorablemente desde la década de 1990 (75% de cobertura) hasta la actualidad (95% de cobertura).

Este hecho, sin duda alguna, tendrá consecuencias directas sobre la sustentabilidad del recurso en el futuro, y abre el camino a nuevas incógnitas e interrogantes aún no abordados desde la investigación científica sobre los límites de la capacidad de carga y sustentabilidad del recurso hídrico y el crecimiento y abastecimiento de la demanda en la región, interrogantes que serán abordados en futuros estudios en el marco del proyecto de investigación en el cual se enmarca este trabajo.

Figura 9. Crecimiento relativo en % para el período 1991-2022 de la superficie edificada, población, hogares y conexiones a red de agua en las localidades estudiadas. Trelew, Puerto Madryn, Rawson, Playa Unión, Gaiman y Dolavon



Fuente: elaboración personal

Reflexiones finales/discusión

El estudio de la evolución de superficies edificadas a través de teledetección y SIG, y su vinculación con los cambios demográficos y conexiones a red pública de agua constituye un insumo de gran utilidad para la planificación y gestión del uso del suelo urbano y recurso hídrico de la región. Desde los aspectos metodológicos, la utilización de aplicaciones capaces de detectar límites de parcelas edificadas mediante técnicas de inteligencia artificial y en base a imágenes de muy alta resolución, nos aporta una mejora sustancial en la calidad y confiabilidad de los resultados de las investigaciones sobre cambios en la dinámica urbana, en donde la heterogeneidad y fragmentación de coberturas y la dificultad en su discriminación, ha sido siempre un problema a resolver. Asimismo, en este trabajo, la calidad de dichas coberturas ha servido para mejorar los procesamientos realizados sobre las manchas urbanas obtenidas mediante imágenes satelitales históricas.

Consideramos importante dos hallazgos en este incipiente análisis que pone en relación el recurso hídrico y la urbanización en el área de estudio. Por un lado, la representación cartográfica de la evolución de superficies edificadas ha puesto de manifiesto la existencia de procesos de urbanización difusa y fragmentada en las localidades estudiadas, esto indica una alerta en el devenir de estos aglomerados urbanos, dado que la literatura existente (Henríquez, 2014) ha demostrado que ese tipo de expansión se realiza a expensas de cubrir con usos del suelo urbano superficies naturales, agrícolas o forestales, degradando las bases de recursos naturales que sustentan la ciudad y disminuyendo los servicios ecológicos que este tipo de coberturas le brindan, como el control de las temperaturas y del escurrimiento de las aguas, protección de la biodiversidad, reciclaje y retención de contaminantes, entre otros. A su vez, estos modelos de ciudad implican un alto consumo de energía y agua, y aumentan la contaminación por consumo de combustibles y modelo de movilidad intraurbana, entre otros impactos ambientales.

Por otro lado, el análisis de las conexiones a la red de agua en los hogares nos enciende una alerta al observar una sobredimensionada tasa de crecimiento con

respecto a la evolución de las otras variables analizadas en este trabajo (expansión urbana, población y hogares), lo cual nos estimula a abordar, en futuros estudios, nuevos análisis para medir y conocer la capacidad de carga y sustentabilidad de este recurso en la región.

Las acciones a seguir deberían estar enfocadas en analizar la medición del consumo de esas nuevas conexiones a la red pública de agua y asociar estos consumos con la capacidad de carga del recurso hídrico en la CIRCh, a los fines de diagnosticar las garantías de un uso sostenible en el tiempo y, en el caso contrario, plantear recomendaciones desde la GIRH en torno a cómo deberían evolucionar estas relaciones sistémicas entre las variables analizadas para generar el menor impacto ambiental negativo posible.

Referencias bibliográficas

- Abbondio, F. G. (2019). *Relevancia de los centros de investigación para el desarrollo del turismo científico: un caso de estudio en el Centro Nacional Patagónico (CCT CONI-CET CENPAT), Puerto Madryn* [Tesis de maestría. Universidad Nacional de Quilmes]. Bernal, Argentina.
- Alcarraz, G., March, M., Weise, E. y Schaer, A. (2008). Caracterización socio-ambiental de un paisaje transformado: el caso de la Laguna Negra. Trelew. Chubut. Argentina. *Boletín Geográfico*, (31), 141-157.
- Alperín, M., Borges, V. y Sarandón, R. (2002). Caracterización Espacial de los Tipos de Cobertura de Suelo usando Técnicas Geoestadísticas a partir de Información Satelital. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 105(1), 40-51.
- Bhatta, B. (2010). Causes and consequences of urban growth and sprawl. En B. Bhatta (Autor), *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data* (pp. 17-36). Springer.
- Brandizi, L., Flaherty, S., Pessacg, N., Liberoff, A., García Azorey, M. y Pascual, M. (2014, 23 al 26 de septiembre). Valoración de servicios ecosistémicos en el Río Chubut. Red Ecofluvial de la Patagonia [ponencia]. *Segundo Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*. Santa Fe, Argentina.
- Burkart, R., Bárbaro, O., Sánchez, R. O. y Gómez, D. A. (1999). *Ecorregiones de la Argentina*. Administración de Parques Nacionales y Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable.
- Cabrera, A. L. y Willink, A. (1973). *Biogeografía de América latina*. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A. y Chávez, G. (2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL. Naciones Unidas.
- Flaherty S., Pessacg, N., Brandizi, L. y Pascual, M. (2017, 2 al 4 de noviembre). Producción de agua en cuencas Patagónicas: Análisis de sensibilidad a distintas bases de uso/cobertura de suelo [ponencia]. *I Jornada Patagónica del Agua "Aguas Superficiales y Subterráneas: Un recurso vital, Una responsabilidad de todos en Patagonia"*. Trelew,

Argentina.

García, R. (2006). *Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa.

Gaspari, F., y Senisterra, G. (Coords.). (2016). *Valoración de servicios ambientales para el ordenamiento agrohidrológico en cuencas hidrográficas*. Editorial de la Universidad de La Plata EDULP.

González Valenzuela, C., Blanco, P., Schaer, A. y Agostinho, R. (2015). La ciudad de Trelew y su "Valle": una relación dialéctica entre lo rural y lo urbano. En C. Hermosilla y P. Blanco (Coords.), *Pensar la ciudad y el territorio en Patagonia desde una perspectiva latinoamericana. Relaciones de poder, conflictos y resistencias* (pp. 173-197). Mandala Libros.

Guerschman, J., Paruelo, J., Di Bella, C., Giallorenzi, M. y Pacin, F. (2003). Land Cover classification in the Argentine Pampas using multi-temporal Landsat TM Data. *International Journal of Remote Sensing*, 4(17), 3381-3402.

Global Water Partnership. (2000). Manejo Integrado de Recursos Hídricos. *TAC Background Papers* N° 4. Estocolmo.

Global Water Partnership. (2011). *Documento de perspectiva. Hacia una gestión integrada de aguas urbanas*. <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/01-towards-integrated-urban-water-management-2011-spanish.pdf>

Hasdenteufel, P., Mateo Rodriguez, J., Baume, O. y Torres Gomez de Cadiz, R. (2008). La Geoecología como herramienta para la gestión ambiental: Estudio de caso de la cuenca hidrográfica superficial del río Quibú, Provincia Ciudad de La Habana, Cuba. *Revista Universitaria de Geografía*, 17(1), 309-329.

Henríquez, C. (2014). *Modelando el crecimiento de ciudades medias: hacia un desarrollo urbano sustentable*. Ediciones UC.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (1991). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, 1991*. INDEC.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2001). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, 2001*. INDEC.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. INDEC.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2015). *Estimaciones de población por sexo, departamento y año calendario 2010-2025*. Serie Análisis demográfico N° 38. INDEC.

Kaless, G., Matamala, F., Monteros, B. y Greco, W. (2008). *Cambios hidrológicos y morfológicos en el Río Chubut aguas abajo de la presa Florentino Ameghino*. https://www.repositorio.cenpat-conicet.gob.ar/bitstream/handle/123456789/609/Kaless%20et%20al_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y

March, M. (2007). La teledetección como herramienta para estudios multitemporales. *Párrafos geográficos*, 6(2), 63-77.

- March, M. (2016). *Transformaciones y problemáticas socioambientales del periurbano oriental trelewense* [Tesis de Doctorado en Geografía, Universidad Nacional del Sur]. Bahía Blanca, Argentina.
- Márquez, M. I, González Zevallos, D. R. y Vazquez, P. S. (2019, 15 y 16 de octubre). La Cuenca Inferior del Río Chubut desde su abordaje ambiental [ponencia]. *I Jornadas Binacionales E+PA*. Universidad del Chubut.
- Montero Granados, R. (2016). *Modelos de regresión lineal múltiple*. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada.
- Pascual, M. (2017). *El valle inferior del Río Chubut: hacia un tratamiento integral de los problemas del agua*. Reporte Red Ecofluvial.
- Pascual, M., Olivier, T., Brandizi, L., Rimoldi, P., Malnero, H. y Kaless, G. (2020). *Cuenca del Río Chubut. Análisis de Factibilidad para Fondo de Agua*. Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua.
- Pessacg, N., Flaherty, S., Brandizi, L., Solman, S., & Pascual, M. (2015). Getting water right: a case study in water yield modeling based on precipitation data. *Science of the Total Environment*, 537, 225-234.
- Picone, N. y Linares, S. (2014). Propuesta metodológica para la extracción y análisis de densidades urbanas mediante teledetección y SIG. Caso de estudio: ciudad de Tandil, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 23(1-2), 77-96.
- Programa de Servicios Agrícolas Provinciales. (2012). *Proyecto: "Desarrollo de Unidad Alimentaria y Fortalecimiento del Sector Frutihortícola de Chubut"*. Anexo V. Evaluación de Impacto Ambiental y Social. Provincia de Chubut. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación.
- Salamanca Villamizar, C., González, G., Ferneti, G. y Astudillo Pizarro, F. (2020). *Hidropolíticas y territorios hidrosociales en el río Paraná y Rosario*. UNR Editora.
- Vazquez, P. y Rivas, R. (2009). Transferencia de Información Basada en Sensores Remotos para la Toma de Decisiones de Usuarios No Expertos. *Revista Ciencia*, 4(8), 49-59.
- Zulaica, L. y Vazquez, P. (2021). Ciudades argentinas en el contexto del cambio ambiental: exploraciones para el análisis del riesgo y la resiliencia urbana. *Revista Cuadernos Geográficos de la Universidad de Colombia*, 30, 396-417.