

V Congreso Nacional de Tecnologías de la
Información Geográfica
III Congreso Internacional de Tecnologías de la
Información Geográfica

*“Modelización y TIG aplicados a procesos espaciales
urbanos y regionales”*

Libro de Resúmenes

Santiago Linares, Ilda Entraigas, Natasha Picone,
María Lorena La Macchia, Inés Rosso,
Marcelo Gandini y Adela Tisnés
(compiladoras/es)



CIG CENTRO DE
INVESTIGACIONES
GEOGRÁFICAS
FCH-UNCPBA

CONICET
I G E H C S

FCH Facultad de
CIENCIAS
HUMANAS
UNICEN

**FACULTAD DE
AGRONOMÍA**
UNCPBA



ihlla
Instituto de Hidrología de Llanuras



REDISIG
Red Iberoamericana de
Sistemas de Información Geográfica

CIC COMISIÓN DE
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
Provincia de Buenos Aires



Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación
Argentina

ISBN 978-950-658-544-0

V Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica

III Congreso Internacional de Tecnologías de la Información Geográfica

“Modelización y TIG aplicados a procesos espaciales urbanos y regionales”

Libro de Resúmenes



V Congreso Nacional de TIG y III Congreso Internacional de TIG

Libro de Resúmenes del V Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica y III Congreso Internacional de Tecnologías de Información Geográfica : Modelización y TIG aplicados a procesos espaciales urbanos y regionales / compilación de Santiago Linares ... [et al.]. - 1a ed. - Tandil : Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-658-544-0

1. Tecnologías. 2. Geografía. I. Linares, Santiago, comp. II. Título.

CDD 526.0285

Diseño interior y maquetación

María Cecilia Aimaretti

Los trabajos que integran este Libro de Resúmenes fueron sometidos a evaluación externa por parte de pares especialistas.

Campus Universitario. Paraje Arroyo Seco s/n, Tandil, Buenos Aires, Argentina.
Noviembre 2021

Autoridades

Responsable

Dr. Santiago Linares

Comité Organizador

Dra. Natasha Picone

Lic. María Lorena La Macchia

Dra. Adela Tisnés

Mg. Inés Rosso

Dr. Marcelo Gandini

Dra. Ilda Entraigas

Comité Científico

Dr. Osvaldo Cardozo (Universidad Nacional del Nordeste, Argentina)

Dra. Verónica Gil (Universidad Nacional del Sur, Argentina)

Dr. Gustavo Buzai (Universidad Nacional de Luján, Argentina)

Dra. Cristina Massera (Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina)

Dra. Marina Miraglia (Universidad Nacional General Sarmiento, Argentina)

Dra. Liliana Ramírez (Universidad Nacional del Nordeste, Argentina)

Dr. Leonardo Datri (Universidad de Flores, Argentina)

Dra. Patricia Kandus (Universidad Nacional de San Martín, Argentina)

Dra. Priscilla Minotti (Universidad Nacional de San Martín, Argentina)

Esp. Mario Andrés Piumetto (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina)

Dra. Sandra Torrusio (Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina)

Dr. Manuel Fuenzalida Díaz (Universidad Alberto Hurtado, Chile)

Dr. Cristian Henríquez Ruiz (Pontificia Universidad Católica, Chile)

Dra. María Teresa Camacho Olmedo (Universidad de Granada, España)

Dr. Juan Carlos García Palomares (Universidad Complutense de Madrid, España)

Dr. Ignacio Villanueva (Universidad de Zaragoza, España)

Dr. Keith Clarke (Universidad de California Santa Barbara, Estados Unidos)

Dra. Cláudia Maria de Almeida (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil)

Dr. Jean Francois Mas (Universidad Nacional Autónoma de México, México)

Dra. Emmanuelle Quentin (Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública, Ecuador)

Secretaria

María Cecilia Aimaretti

Índice

Prefacio	9
Eje 1. Desarrollos metodológicos de las TIG	
Procesamiento de indicadores al estudio del ICV mediante TIG y las potencialidades de una App para conocer la calidad de vida en el territorio <i>Guillermo Velázquez, Adela Tisnés y María Lorena La Macchia</i>	13
Una nueva forma de trabajar con datos geoespaciales <i>Heinrich Hasenack</i>	19
IHLERO 1.0: catálogo de datos del Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff” <i>Ilda Entraigas, Leonardo Sierra, Luisa Fernanda Fajardo González y Natalia Vercelli</i>	20
La técnica de análisis de cuadrantes aplicado a Covid-19. El caso de las grandes áreas urbanas chilenas <i>Manuel Fuenzalida Díaz</i>	23
Tecnologías de la Información Geográfica para la gestión del hábitat social: base de datos geoespacial de la gerencia de desarrollo urbano del IPDUV (Chaco) <i>Gabriela Ebel, Leandro Augusto Cerno, Rodrigo Valdés y Delia Araujo</i>	29
Generación de un modelo digital de elevación (DEM) mediante interferometría de datos Saocom-1A para un sector de dunas en el litoral atlántico de la provincia de Buenos Aires, Argentina <i>Pedro Garzo, Santiago Ariel Seppi y Leonardo Sánchez Caro</i>	35
Las potencialidades de los datos geoespaciales para la visualización de procesos en el espacio y tiempo: las IDE <i>Daila Pombo y Juan Pablo Bossa</i>	43
Detección de cuerpos de agua en la cuenca del Río Sauce Grande (Argentina) mediante imágenes Saocom <i>Andrea Brendel, Federico Ferrelli y María Cintia Piccolo</i>	47
La estructura urbana a partir de base de datos catastrales. Construcción metodológica por medio de las TIG y aplicación en políticas territoriales <i>Steffi Antonella Giraudó, Hernán Matías Morales, Mario Andrés Piumetto y Sergio Daniel Gustavo Sosa Quilaleo</i>	52
Ensayos de vectorización de archivos ráster de cartografía histórica. ¿Por qué no puede ser 100% automático y hay que hacerlo en forma manual? <i>Marina Miraglia, Carlos Nelson Jiménez, Braian Emmanuel Villalba y Daniela Noelia Natale</i>	54
Eje 2. Modelización espacio-temporal	
Determinación del factor de longitud y gradiente de la pendiente en una microcuenca agrícola mediante Sistemas de Información Geográfica <i>María Guadalupe Ares, Ilda Entraigas, Marcelo Varni y Celio Chagas</i>	63
Espacio temporalidad del Covid-19 en Santa Fe: análisis provincial y metropolitano mediante mapas de calor <i>Javier Gómez</i>	68
Variación temporal del retardo troposférico en datos SAR entre 2007-2011 en las zonas volcánicas norte, centro y sur de la Cordillera de los Andes <i>Fernanda López Pozo, Rodrigo Abarca Del Río y Luis Lara Pulgar</i>	72

Validación de un modelo de simulación de crecimiento urbano 2010-2020. Aplicación a la ciudad de Luján (Buenos Aires, Argentina)	73
<i>Noelia Principi</i>	
Simulación de escenarios futuros de cambios en los usos del suelo para la ciudad de Paso de los Libres (provincia de Corrientes) mediante modelos basados en redes neuronales artificiales	81
<i>Laura Gómez</i>	
Análisis espacial del crecimiento urbano y cambios de usos del suelo en la cuenca del río Luján, 1990-2010. Aplicación con Sistemas de Información Geográfica	83
<i>Luis Humacata</i>	

Eje 3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales

Aplicación de los SIG y el método bivariado en la identificación del grado de susceptibilidad por avenidas torrenciales. Caso: Cuenca alta del río Minero	89
<i>José Julián Villate, Diego Fernando Gualdrón Alfonso, Deisy Daniela Blanco Jaimes y Karen Helena Gañan Noya</i>	
Islas de Calor Urbano y su relación con los insectos polinizadores. Caso de Estudio en la ciudad de Tunja	91
<i>Leyde Katerine Cabrera Ruiz</i>	
La distribución espacial de la vegetación acuática en el AMGR. Su detección por medio de imágenes satelitales	93
<i>Cristian Javier Da Silva y Osvaldo Daniel Cardozo</i>	
Tecnologías de Información Geográfica como recursos para la gestión de riesgos ambientales: ejemplos en forestaciones del Delta del Río Paraná	96
<i>Virginia Piani y Facundo Boladeras</i>	
Aplicación de TIG para la estimación del Factor C en la cuenca alta del Arroyo Napostá Grande, Buenos Aires	97
<i>Federico Javier Beron de la Puente y Verónica Gil</i>	
Análisis temporal de la susceptibilidad hídrica en la cuenca inferior de Río Negro	102
<i>Grethel García Bu Bucogen, Vanesa Yael Bohn y María Cintia Piccolo</i>	
Las forestaciones en localidades turísticas costeras: análisis de los cambios en el sur de Villa Gesell, Buenos Aires, para el período 1986-2020	108
<i>Pedro Garzo y José Dadon</i>	
Mapeo de extracción de nutrientes en un contexto de agriculturización: el caso de la Región Pampeana Austral Argentina	116
<i>Nabuel David Sequeira, Daiana Yael Daga, Patricia Vazquez, Mónica Sacido y Ailín Somoza</i>	
Estudio preliminar de las coberturas del suelo con imágenes Saocom 1A en la cuenca del Río Sauce Grande (Argentina)	123
<i>Federico Ferrelli, Andrea Brendel, Gerardo Miguel Eduardo Perillo y María Cintia Piccolo</i>	
Clasificación de los usos del suelo en la Cuenca Inferior del Río Chubut	128
<i>María Isabel Márquez, Patricia Vázquez y Diego Ricardo González Zevallos</i>	
Efectos de eventos pluviométricos diarios sobre el caudal del Río Sauce Grande (Argentina): un análisis a partir de datos satelitales ópticos	133
<i>Andrea Brendel, Federico Ferrelli, María Cintia Piccolo y Gerardo Miguel Eduardo Perillo</i>	

Utilización del programa online i-Tree Canopy para estimar la cobertura arbórea del barrio centro de la ciudad de Mar del Plata <i>María Eugenia Arias y Juan Pablo Celemín</i>	138
Clasificación de paisajes agrícolas del partido de Olavarría: aportes geográficos para la identificación de tipos de pérdida de suelo potencial <i>Daiana Yael Daga, Nahuel David Sequeira, Patricia Vázquez y Mariana Núñez</i>	141
Delimitación de coberturas del suelo a partir de datos satelitales y mediciones <i>in situ</i> en una cuenca hidrográfica de la Región Pampeana (Argentina) <i>Federico Ferrelli, Andrea Brendel, María Cintia Piccolo y Gerardo Miguel Eduardo Perillo</i>	147
Prototipo Google-Earth-Engine (GEE) para el modelado hidrológico del embalse Paso de Las Piedras (PdLP), Argentina <i>Ignacio Villanueva, Ana Casado, Guillermo Collazos y Verónica Gil</i>	153
Uso de índices espectrales para detectar el efecto de la profundidad de tosca en el cultivo de maíz <i>Carlos Vicente Bongiorno, Javier Alejandro Grosso, Juan Manuel Ressia y Laura Lázaro</i>	159
Utilización de imágenes satelitales Landsat para la detección de cambios morfométricos en la cuenca del Río Sauce Grande (Argentina) <i>Andrea Brendel, Federico Ferrelli, María Cintia Piccolo y Gerardo Miguel Eduardo Perillo</i>	164
Autocorrelación espacial con RStudio de la recolección de residuos en las fracciones censales de la ciudad de Mar del Plata (2010) <i>Juan Pablo Celemín y María Eugenia Arias</i>	170
Geografía física aplicada, riesgo y modelización mediante TIG: análisis de escenarios para la cuenca urbana de la ciudad de Tandil, Buenos Aires, Argentina <i>María Lorena La Macchia</i>	175
Utilización de imágenes Spot para la clasificación de coberturas del suelo en el sur de la Región Pampeana (Argentina) <i>Federico Ferrelli, Andrea Brendel, Gerardo Miguel Eduardo Perillo y María Cintia Piccolo</i>	180
Modelado de la variación espacial de la concentración atmosférica de metano en la ciudad de Tandil utilizando análisis de regresión exploratoria <i>Carla Sofía Stadler, Victoria Susana Fusé, Natasha Picone, María Paula Juliarena y Santiago Linares</i>	187
Perspectiva geopedológica en la cartografía digital del medio natural antropizado <i>Laura Daniela Boff y Daniel Muntz</i>	192
Análisis de los cambios en la cubierta vegetal a partir del procesamiento de imágenes satelitales en Google Earth Engine <i>Rafael Mazoni Andrade</i>	200
Cambios en las geoformas fluviales de un tramo urbanizado del arroyo la Ventana (Buenos Aires) mediante el uso de TIG <i>Marilina González, Jorge Gentili y Verónica Gil</i>	201

Eje 4. TIG aplicada a procesos socio-económicos

Políticas de datos y politicidad geográfica. Por qué una plataforma colaborativa de datos espaciales para temáticas sociales de la Argentina <i>Pablo De Grande</i>	209
--	-----

¿Existe una relación entre el crecimiento demográfico y la expansión urbana? Análisis de la dinámica urbana en el AMGR entre 1990 y 2010 <i>Federico Carlos Arias, Osvaldo Daniel Cardozo, Estefanía Meza Torres y Paula Eugenia López</i>	213
Infraestructura de Datos Espaciales para la gestión municipal <i>Alejandro Luis Puchet</i>	218
Análisis espacio-temporal de la segregación social a partir de datos de telefonía móvil: el caso de Medellín (Colombia) <i>Juan Carlos García Palomares, Borja Moya-Gómez, Marcin Stepniak, Enrique Frías-Martínez y Javier Gutiérrez Puebla</i>	219
Determinación de áreas óptimas para un relleno sanitario en Lomas de Sargentillo, Isidro Ayora y Pedro Carbo, Provincia del Guayas <i>Javier Sandoya Man Ging, Jorge Coronel Quevedo y Renato Arévalo León</i>	220
Impactos de la pandemia de COVID-19 en la distribución espacial de homicidios en Belo Horizonte (Brasil) <i>Rafael Mazoni Andrade</i>	221
Calidad del viario urbano y vulnerabilidad social: un análisis con SIG desde la justicia espacial para el caso de la ciudad de Santa Fe de la Vera Cruz, Argentina <i>Andrea Bosisio y Antonio Moreno Jiménez</i>	222
Estudiantes que se autorreconocen pertenecientes a pueblos originarios. Ingreso 2018-2019 por sedes y facultades UNPSJB. Un análisis espacial mediado por las TIG <i>Adrián Nacuñil y Ramiro Scherer</i>	227
El uso de los sistemas de información geográfica y la teledetección: un estudio de caso de su aplicación en la siembra variable de maíz <i>Martina Álvarez, Marina Palma, Hernán Rodríguez y Florencia Maubourat</i>	231
Asociación espacial de los determinantes sociales de cáncer en el norte de la provincia de La Pampa <i>Tatiana Waiman</i>	237
El sistema catastral español: una infraestructura TIG al servicio de la sociedad <i>Alejandro Vallina Rodríguez y Concepción Camarero Bullón, Laura García Juan y Tomás Moreno Bueno</i>	242
La calidad de vida en el Partido de La Costa (1869-2010). Un análisis en base a datos censales <i>Fernando Manzano y Guillermo Velázquez</i>	244
Pobreza, calidad de vida y población indígena en Argentina: ¿una correlación explicativa? <i>Inés Rosso</i>	248
Situación epidemiológica de la provincia del Chaco ante el COVID-19: análisis espacial departamental en el primer año de pandemia <i>Liliana Ramírez, Romina Claret y Julio Meza</i>	253

Eje 5. Educación y docencia en TIG

La experiencia de enseñanzas-aprendizaje de TIGs en época de pandemia <i>Norma Beatriz Monzón</i>	261
Un modelo pedagógico virtual centrado en la enseñanza de las geotecnologías por resolución de problemas <i>Daila Pombo, María Celeste Martínez Uncal y María Carolina Diharce</i>	263

Mapamundi Viajero: Una propuesta de formación virtual para Adultos Mayores <i>Braian Villalba, Alejandro Dezi y Leonardo Di Franco</i>	267
Las prácticas pre profesionales en el ámbito de la Tecnicatura Universitaria en SIG (UNGS). Los talleres de aplicación <i>Marina Miraglia, Daniela Natale y Marcela Rivarola y Benítez</i>	276

PREFACIO

La organización de un congreso siempre implica un gran desafío, una inmensa responsabilidad, una carga importante de tareas adicionales y la exposición a una larga lista de imponderables, pero organizarlo desde y para la virtualidad resultó, además, un hecho absolutamente novedoso y nunca imaginado.

Nos convocó el entusiasmo por hacer posible una nueva instancia de encuentro entre quienes sentimos ese extraño amor ante ciertos conceptos (*espacio, tiempo, escenario, territorio*), objetos (*mapa, modelo, imagen, planilla, matriz, dato*), componentes (*color, leyenda, escala, coordenada, Norte*), elementos (*pixel, punto, línea, polígono*), formatos (*raster, vectorial*) y acciones (*clasificar, delimitar, analizar, comparar, asociar*).

Es así que unidos por esa pasión, planificamos talleres que consideramos útiles, invitamos a conferencistas que son referentes en sus campos disciplinares, y propusimos ejes temáticos lo suficientemente generales a fin de contemplar todas las propuestas recibidas.

Agradecemos profundamente a las instituciones que nos confiaron la organización, a quienes colaboraron poniendo el hombro antes, durante y después de la realización del congreso, y a las autoras y autores que aceptaron la propuesta de escribir resúmenes extendidos para que este volumen de Actas contenga material con un nivel de detalle mayor al usual. Soñamos con un evento en que el aprendizaje, el intercambio y la actualización sean los procesos constantes que se desarrollen en un clima cordial y respetuoso. Ustedes nos dirán si lo hemos cumplido.

Integrantes del Comité Organizador



EJE 1. DESARROLLOS
METODOLÓGICOS DE LAS TIG

PROCESAMIENTO DE INDICADORES AL ESTUDIO DEL ICV MEDIANTE TIG Y LAS POTENCIALIDADES DE UNA APP PARA CONOCER LA CALIDAD DE VIDA EN EL TERRITORIO

Guillermo Velázquez
IGEHCS-CONICET

Adela Tisnés
IGEHCS-CONICET

María Lorena La Macchia
IGEHCS-CONICET

INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge a partir de la elaboración de un Atlas Histórico y Geográfico de la República Argentina, una idea proyecto de la Unidad Ejecutora del Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IGEHCS-UNCPBA-CONICET). El atlas se encuentra organizado en cinco tomos. El primero de ellos posee dos subtomos que refieren, en primer lugar, al estudio de la Calidad de Vida en Argentina desde un análisis diacrónico (1789-2010) y, en segundo lugar, a la Calidad de Vida a escala regional. Su objetivo radica en determinar las asimetrías socioespaciales regionales de nuestro país y analizar, a una escala intraurbana, las dimensiones de los indicadores socioeconómicos y ambientales para las ciudades medias.

Las condiciones de bienestar, la calidad de vida y la construcción de un índice (ICV) en Argentina recorre grandes antecedentes bibliográficos en Velázquez et al. (2014; 2015). En Velázquez (2016) y Velázquez y Celemín (2013) el ICV se construyó a escala departamental y el desafío de este atlas fue el procesamiento de la información estadística en un mayor nivel de desagregación territorial, el radio censal, con un total de 52.408 unidades para el 2010 remarcando las situaciones más extremas.

Por último, a partir de este procesamiento, se logró conformar una *app web*¹ y ejecutable desde dispositivos móviles a partir de la convergencia de un proyecto interdisciplinar entre el equipo de trabajo del IGEHCS y el Instituto Superior de Ingeniería de Software Tandil (ISISTAN), con la finalidad de difundir los resultados y datos generados desde el ICV situándonos en cualquier punto del país. De esta manera, posicionándonos en cualquier latitud y longitud del país podemos observar cuál es el dato correspondiente al puntaje asignado a la dimensión calidad de vida de la población según la metodología utilizada y los intervalos de clase considerados.

Finalmente, la divulgación y utilización de la información producida de una manera simple, transparente y dentro de un entorno de libre acceso permite un mayor alcance a la sociedad en su conjunto, abonando a un proceso mayor de socialización y democratización de la información científica (Velázquez et al., 2020, p. 1). Por ello, gran parte de esta metodología de trabajo también se integró en la infraestructura de datos espaciales de la Facultad de Ciencias Humanas (IDE-FCH-UNICEN)² y se encuentra disponible para su consulta, visualización y descarga por parte de organismos públicos, privados y la comunidad en general.

METODOLOGÍA

El procesamiento de la información estadística para la construcción del índice proviene de distintas fuentes de información derivada de censos nacionales y otras fuentes estadísticas (editas e inéditas), imágenes satelitales y relevamientos en el terreno. El propósito consistió en la determinación de los niveles de bienestar de la población con el mayor grado de desagregación posible. Hasta el censo 2010 se logró procesar la información a escala departamental y el desafío de este proyecto de construcción del atlas histórico y geográfico permitió afinar el trabajo hacia un mayor nivel de desagregación del territorio: la identificación de 52.408 radios

1 Disponible en <https://icv.conicet.gov.ar/>

2 Disponible en <http://ide.fch.unicen.edu.ar/>

censales en la totalidad de los partidos/departamentos de Argentina.

La selección de los indicadores socioeconómicos y ambientales que se utilizaron para medir el bienestar de la población fueron determinados por las siguientes variables. Para la dimensión socioeconómica se analizaron las variables de educación, salud y vivienda y para la dimensión ambiental, los problemas ambientales (PA) y los recursos recreativos divididos en recursos recreativos de base natural (RRBN) y recursos recreativos socialmente construidos (RRSC). La ponderación de cada variable del índice de calidad de vida (ICV) está explicada en detalle en Velázquez (2016, p. 105-115) y se resume a continuación en el cuadro 1.

Dimensiones		Variables socioeconómicas y ambientales	Peso parcial (%)	Peso total (%)
DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA: índice de calidad socioeconómica	Vivienda	Sin retrete (SE1)	10	20
		Hacinamiento (SE2)	10	
	Salud	TMI (SE3)	10	20
		Sin obra social (SE4)	10	
	Educación	Educación menor a primaria (SE5)	10	20
		Educación universitaria o superior completa (SE6)	10	
Total			60	
DIMENSIÓN AMBIENTAL: índice de calidad ambiental (ICA)	Recursos recreativos de base natural (RRBN)	Puntaje promedio de siete variables (A1)	10	20
	Recursos recreativos socialmente construidos (RRSC)	Puntaje promedio de cuatro variables (A2)	10	
	Problemas ambientales (PA)	Puntaje promedio de doce variables (A3)	20	20
	Total			40
ICV total			100	

Cuadro 1. Dimensiones, variables y pesos relativos del índice de calidad de vida (ICV)
Fuente: Velázquez et al. (2020)

La integración de estos datos se efectuó mediante su transformación en números-índice parciales. En ellos, los valores extremos oscilan entre 1 y 10 para reflejar la peor y la mejor situación relativa, respectivamente. Esto se realizó según el tipo de variable, con el siguiente procedimiento, donde *a* es la variable de costo:

$$I = \frac{\text{Máximo} - a}{\text{Máximo} - \text{mínimo}} \cdot 10$$

En el caso de las variables de beneficio, se aplicó la misma fórmula restada de 1.

Las variables de la dimensión socioeconómica muestran aspectos fundamentales relacionados con las condiciones de vida de la población, como son la vivienda, la salud y la educación. A continuación se detallan las seleccionadas para este estudio.

Vivienda:

- » Porcentaje de población en hogares hacinados, considerando como tales a aquellos que superan las dos personas por cuarto (SE1);
- » Porcentaje de población que reside en hogares que carecen de inodoro de uso exclusivo o que tenga descarga de agua; nombrados como sin retrete (SE2).

En ambos casos los datos se dispusieron a escala de radio censal y fueron obtenidos del último censo realizado por el INDEC (2010). Por otro lado, cabe aclarar que, como no existen datos confiables que permitan distinguir viviendas con alto grado de confort, solo se incluyeron variables que reflejan requerimientos mínimos de satisfacción.

Salud:

- » Porcentaje de población sin cobertura por obra social, plan de salud privado o mutual (SE3), disponible a escala de radio por muestreo. Esta variable discrimina mejor que la consideración de la sola presencia de hospitales, unidades sanitarias o recursos humanos destinados a la

salud y, adicionalmente, permite mostrar la existencia o no de precariedad laboral;

» Tasa de mortalidad infantil (TMI), es decir, el número de nacidos vivos y fallecidos antes de cumplir el año, por cada mil habitantes de este grupo de edad, según lugar de residencia de la madre (SE4). Esta variable está disponible a escala de departamentos o partidos. Los datos fueron obtenidos de la Dirección de Estadísticas e Información de Salud (DEIS), dependiente del Ministerio de Salud. Para disminuir las oscilaciones aleatorias propias de esta tasa, se consideró como valor la media aritmética de los tres años pericensales (2009-2011).

Como puede observarse, tampoco aquí es posible medir acertadamente las máximas condiciones. Sin embargo, sí se pueden inferir las peores a partir de variables de carencia de los mínimos seleccionados para el índice. En ambos casos, la acción o inacción de los organismos públicos podría resolver en parte las deficiencias mostradas en relación con la salud.

Educación:

» Porcentaje de población de quince años o más que ya abandonó la escolarización y cuyo máximo nivel de instrucción alcanzado es menor a primario completo (SE5);

» Porcentaje de población de quince años o más que ya alcanzó un nivel de instrucción universitario o postgrado completo; como variable de máxima (SE6). En ambos casos, los datos se dispusieron a escala de radio censal y fueron obtenidos del último censo realizado por el INDEC (2010).

Al igual que ocurre con la CdV, los problemas ambientales están cada vez más presentes en la sociedad. Fernández (2000) los define como la manifestación de una deficiencia (merma o carencia) de racionalidad entre expresiones del sistema natural y del sistema social. Estos problemas repercuten en la calidad de la vida de las personas, tanto a escala global (cambio climático) como local (presencia de basurales). Es por ello que existe una demanda creciente por parte de la sociedad para enfrentarlos y solucionarlos (cuadro 2).

PA (A₃)

- Uso de plaguicidas en agricultura (Defensoría del Pueblo, 2009).
- Participación de industria y minería en el PBG (INDEC, 2003).
- Contaminación, ruido o congestión (Información municipal, del terreno o escala urbana).
- Localizaciones peligrosas (Información municipal, del terreno o imágenes satelitales).
- Localizaciones con externalidades negativas (Información municipal, del terreno o imágenes satelitales).
- Inseguridad. Tasa de hechos delictivos por cada diez mil habitantes (Dirección Nacional de Política Criminal, 2008).
- Asentamientos precarios. Porcentaje de población residente en villas miseria (INDEC, 2004).
- Basurales. Porcentaje de población residente a menos de trescientos metros de un basural a cielo abierto (INDEC, 2004).
- Sismicidad y vulcanismo (Chiozza y Figueira, 1987).
- Tornados (Geosistemas, 1997).
- Inundabilidad (INDEC, 2004).
- Malestar climático (IRAM, 1996).

Cuadro 2. Problemas ambientales
Fuente: Velázquez et al. (2020)

Sin embargo, como sostiene Carballo (2005), las fuentes de información ambientales no existen o están dispersas o no son comparables o accesibles, lo que plantea un desafío adicional al momento de elaborar un ICV. Para la construcción del índice se contemplaron los aspectos ambientales positivos, tal es el caso de los recursos escénicos y recreativos. Estos, a su vez, pueden ser de base natural o socialmente contruidos, ya que, como recursos de amenidad, forman parte de lo cotidiano e inciden en el bienestar de la población (Celemín y Velázquez, 2011). Para cumplimentar esta dimensión, se creó una matriz de observación y un relevamiento exhaustivo sobre la presencia, magnitud relativa y distancia respecto de la población residente,

para cada una de las unidades territoriales analizadas. Es importante aclarar que, durante un quinquenio, se consultó cada asignación de puntaje con investigadores locales y con visitas *in situ* de nuestros propios investigadores. El resultado fue la elaboración de una matriz similar a la utilizada en una evaluación de impacto ambiental, que parte del conocimiento del especialista al momento de asignar pesos y ponderaciones a cada una de las variables. Los detalles pueden ser consultados en un trabajo referido a la calidad ambiental en la Argentina (Velázquez y Celemín, 2013, pp. 21-30). La disponibilidad de las páginas web municipales para todas las unidades funcionó como aproximación estadística y fue enriquecida con otras fuentes, que se mencionan, para cada variable, en el cuadro 3:

RECURSOS RECREATIVOS DE BASE NATURAL (RRBN) (A1)	RECURSOS RECREATIVOS SOCIALMENTE CONSTRUIDOS (RRSC) (A2)
(Información municipal, del terreno o imágenes satelitales)	(Información municipal o del terreno).
<p>Presencia, calidad y accesibilidad a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • playas; • balnearios a orillas de ríos, lagos, lagunas o diques; • centros termales; • nieve o hielo (posibilidad de actividades recreativas); • relieve (paisaje); • espejos y cursos de agua (paisaje); • parques y espacios verdes (esparcimiento). 	<p>Presencia, calidad y accesibilidad a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • estética o patrimonio urbano, • centros culturales, • centros comerciales y de esparcimiento, • centros deportivos.

Cuadro 3. Las variables ambientales y sus fuentes de información
Fuente: Velázquez et al. (2020)

Dado que la información a escala departamental es más fácil de obtener que la del radio censal, en algunos casos, es necesario realizar una adaptación de ambas. En los componentes del ICV se efectuó de la siguiente forma (cuadro 4):

Escala departamental (525 unidades)		Radios censales (52.408 unidades)		
Dimensiones		Variables socioeconómicas y ambientales	Disponibles (sí o no)	Alternativa propuesta
DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA: Índice de calidad socioeconómica	Vivienda	Sin retrete (SE1)	Sí (total)	
		Hacinamiento (SE2)	Sí (total)	
	Salud	TMI (SE3)	No	Aplicación de las tasas del departamento al radio
		Sin obra social (SE4)	Sí (muestra)	
	Educación	Educación menor a primaria (SE5)	Sí (total)	
		Educación universitaria o superior completa (SE6)	Sí (total)	
DIMENSIÓN AMBIENTAL: Índice de calidad ambiental (ICA)	Recursos recreativos de base natural (RRBN)	Puntaje promedio de siete variables (A1)	No	Aplicación de los puntajes del departamento al radio
	Recursos recreativos socialmente construidos (RRSC)	Puntaje promedio de cuatro variables (A2)	No	Aplicación de los puntajes del departamento al radio
	Problemas ambientales (PA)	Puntaje promedio de doce variables (A3)	Tres disponibles por fracciones (inundabilidad, asentamientos precarios y basurales)	Aplicación de los puntajes de las fracciones a los radios. Utilización de las tres variables como proxy.

Cuadro 4. Adaptación de los componentes del ICV por departamentos a los radios censales
Fuente: Velázquez et al. (2020)

El peso relativo asignado a los componentes socioeconómicos, es de un 60%, mientras que el restante 40%, está aportado por los componentes de tipo ambiental. Para poder llevar a cabo esto, en algunos casos se debieron ajustar los datos para determinadas variables, ya que se encontraban publicadas a nivel de fracción censal. Es el caso de inundabilidad, asentamientos precarios y basurales. Otras, se disponen a nivel departamental: Tasa de Mortalidad Infantil, Recursos recreativos de base natural y Recursos recreativos socialmente construidos. Se aplicó un ajuste jerárquico de estas unidades a los radios censales.

Dicho índice no está exento de ciertas restricciones metodológicas. En efecto, mientras diferentes organismos nacionales, provinciales y municipales elaboran periódicamente indicadores para conocer el contexto socioeconómico de sus correspondientes jurisdicciones, las variables ambientales poseen otras escalas de análisis y características diferenciales, que plantean desafíos al momento de compatibilizar la información ambiental con la socioeconómica.

APORTES, APLICABILIDAD Y TRANSFERENCIA

Los aportes y potencialidades del uso del índice radica en la importancia de su utilización transdisciplinar e interdisciplinar para el trabajo conjunto con organismos públicos y privados en la toma de decisiones.

El desarrollo del software por parte del equipo de trabajo del ISISTAN para la obtención de la *app web* implicó un enorme desafío desde el punto de vista informático para este equipo interdisciplinario, dado que requirió que en tiempo real se transfieran, a través de la red, una gran cantidad de datos y se permita, a su vez, un elevado número y tipo de operaciones -con alto grado de precisión y detalle- poco frecuentes en aplicaciones de mapeo por internet (Velázquez et al., 2020, p. 1).

La aplicabilidad del índice junto con la posibilidad de contar con un geolocalizador permite que cualquier usuario pueda saber e interpretar mediante la paleta de colores de los intervalos de clase dispuestos de 0 a 10 (deciles) qué tan bien o mal vive la gente en determinado sitio.

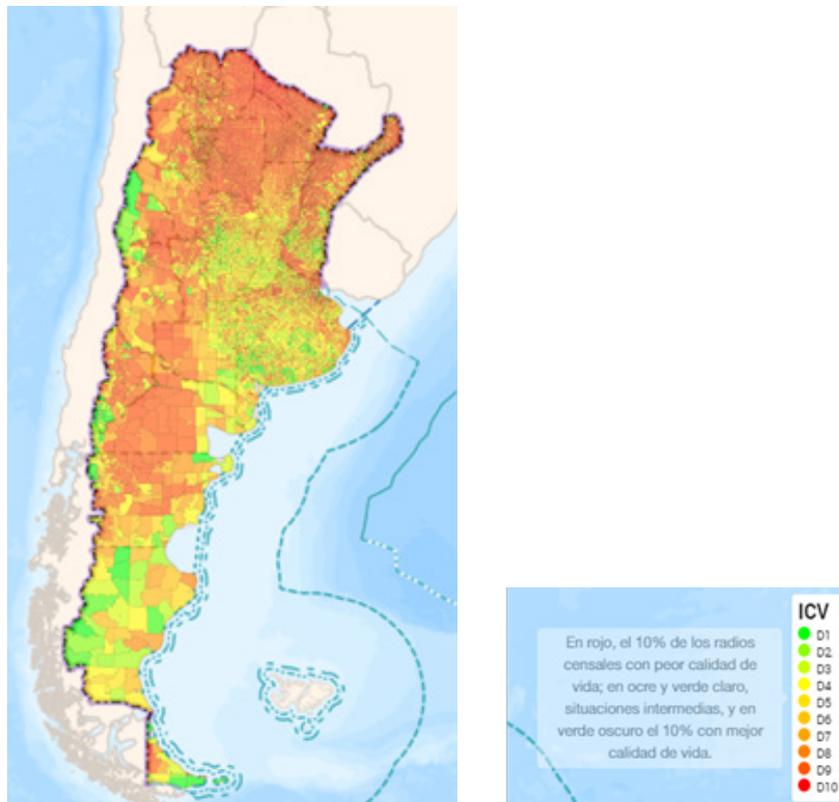


Figura 1. Vista de la *app web* del índice ICV
Fuente: elaboración personal

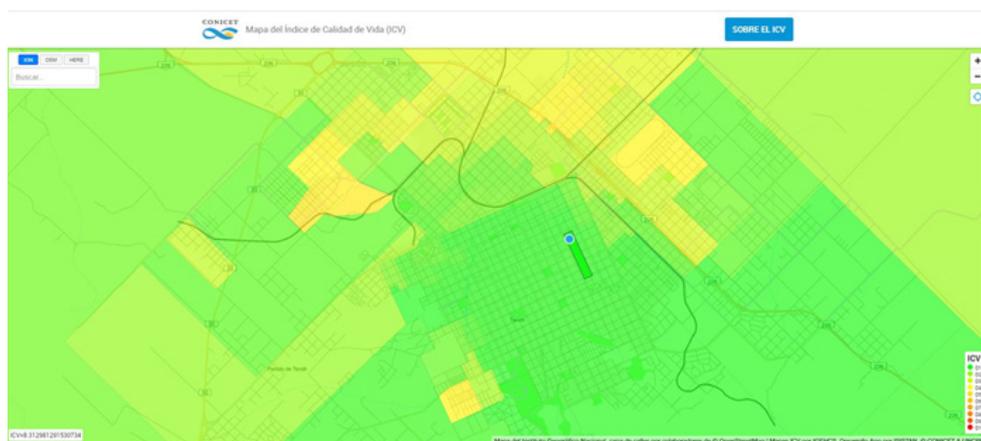


Figura 2. Geolocalizador según el lugar en el que se encuentra el usuario

Fuente: elaboración personal

CONSIDERACIONES FINALES

Es importante remarcar la importancia del trabajo interdisciplinario por un lado, pudiendo esta integración generar productos que acerquen a la sociedad, parte de los resultados de las investigaciones que se llevan adelante en los Centros de Investigación, y que son producto de muchos años de desarrollo, gestión, análisis y conocimiento.

El desarrollo del mapa interactivo que permite conocer el nivel de calidad de vida en los más de 52 mil radios censales en lo que se divide la Argentina es un enorme desafío desde el punto de vista informático dado que implica que en tiempo real se transfieran, a través de la red, una cantidad de datos y se permita, a su vez, un número y un tipo de operaciones -con alto grado de precisión y detalle- poco frecuentes en aplicaciones de mapeo por internet, explica Zunino. A su vez, la interacción con la aplicación permite a los usuarios notar que existen provincias o regiones de la Argentina en las que, bajo una primera mirada, parecería que la calidad de vida es homogéneamente buena o mala.

REFERENCIAS

- Carballo, C. (2005). Espacio verde y ciudad (pp. 181-198). En G. Velázquez y S. Gómez Lende (autores/comps.) *Desigualdad y Calidad de Vida en la Argentina (1991-2001). Aportes empíricos y metodológicos*. Tandil: Editorial REUN.
- Celemín, J.P. y Velázquez, G. (2011). Elaboración y aplicación de un índice de calidad ambiental para la región de Cuyo, Argentina, 2010. *Economía Sociedad y Territorio*, 15(49), 179-197.
- Fernández, R. (2000) *Teoría de la Gestión Ambiental Urbana. La Ciudad Verde*. CIAM, Centro de Investigaciones Ambientales. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Unmdp. Editorial Espacio. Buenos Aires.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos INDEC (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*.
- Velázquez, G. (2016). *Geografía y calidad de vida en Argentina. Análisis regional y departamental (2010)*. Tandil: IGEHCS/CIG.
- Velázquez, G. y Celemín, J.P. (2013). *La calidad ambiental en la Argentina. Análisis regional y departamental (c. 2010)*. Tandil: CIG.
- Velázquez, G.; Celemín, J.P.; Linares, S.; Tisnés, A.; Manzano, F.; Mikkelsen, C. y La Macchia, L. (2020). Análisis según radios censales (pp. 625-636). En G. Velázquez y J.P. Celemín (dirs.) *Atlas Histórico y Geográfico de la Argentina. Calidad de Vida I*. Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales CONICET/UNCPBA Tandil. ISBN 978-950-658-522-8. Recuperado de <https://www.fch.unicen.edu.ar/atlashy/atlasvc1ebook.pdf>
- Velázquez, G.; Celemín, J.P.; Mikkelsen, C. y Linares, S. (2015). Geografía y calidad de vida en la Argentina del bicentenario. *Geográfica, Boa Vista*, 9(20), 17-39. Recuperado de <https://mapa.poblaciones.org/>

services/metadata/GetMetadataFile?m=72901&f=26901

Velázquez, G.; Mikkelsen, C.; Linares, S. y Celemín, J.P. (2014). *Calidad de vida en Argentina. Ranking del bienestar por departamentos (2010)*. Centro de Investigación Geográficas. Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales, CONICET/UNCPBA. Tandil, Argentina. Recuperado de <https://igehcs.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/104/2019/07/Rankingicv2010.pdf>

Velázquez, G.; Zunino, A.; Mikkelsen, C.; Linares, S.; Celemín, J.P.; La Macchia, L.; Manzano, F. y Tisnés, A. (2020). Una app para conocer la calidad de vida de cualquier lugar de la República Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (Luján)*, (16), 1-5. Recuperado de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/113856/CONICET_Digital_Nro.2ea1913a-4b39-4c16-a94b-2075fcdffadb_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

UNA NUEVA FORMA DE TRABAJAR CON DATOS GEOESPACIALES

Heinrich Hasenack

Departamento de Ecología. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre RS, Brasil

Las tecnologías de la información han permitido grandes avances en el ámbito del tratamiento de datos geoespaciales. De los ordenadores centrales a los que los usuarios reenviaban sus tareas a través de terminales, a los ordenadores personales en los que cada usuario, con su propia licencia de *software* de SIG y sus datos almacenados en la propia máquina realizaba su trabajo, hoy en día tenemos los datos en la nube y podemos realizar las tareas utilizando estos mismos ordenadores de sobremesa, pero también los portátiles e incluso los *smartphones* para realizar las tareas, ya que tanto el *software* como los datos se almacenan en algún lugar remoto, y nuestros dispositivos sirven únicamente como terminales de acceso, como ocurría con los primeros ordenadores en los centros de computación de las universidades y empresas. La diferencia ahora es que las nubes de datos sirven al mundo entero, y podemos acceder a nuestro trabajo desde cualquier lugar con acceso a internet.

Lo que no es tan visible es cómo este avance tecnológico ha cambiado la forma de trabajar. Del trabajo individual o colectivo en pequeños grupos en universidades o empresas, pasamos a trabajar en redes de colaboración a nivel mundial, multiinstitucionales, accediendo a un enorme volumen de datos disponibles públicamente.

Es el ejemplo de la iniciativa MapBiomias Brasil, organizada inicialmente para generar datos y mapas anuales de uso y cobertura del suelo de Brasil a partir de imágenes Landsat obtenidas desde 1985, pero que ya ha conseguido cautivar a personas de otros países que han absorbido la metodología y la han adaptado a sus territorios, como en los países de la RAISG (Pan-Amazónia), el Chaco sudamericano (Argentina, Bolivia y Paraguay), los campos y pampas del Río da Prata (Argentina, Brasil y Uruguay) y ahora también en Indonesia.

Los primeros resultados muestran que este colectivo multidisciplinar formado por profesionales y estudiantes ha producido un conjunto excepcional de datos, ha aportado una gran colaboración e intercambio de conocimientos entre personas e instituciones y nuevas estrategias de explotación de datos. Los organismos públicos, cada vez más presionados por la reducción de recursos y personal, también se han beneficiado de los resultados obtenidos para elaborar estudios e informes en sus actividades, utilizando los mismos datos que las empresas consultoras utilizan para los estudios de concesión de licencias, facilitando el diálogo y agilizando las decisiones.

Para los que pensaban que el trabajo en red haría que las personas estuvieran más aisladas, las estrategias de colaboración en la teledetección y el geoprocesamiento, como las utilizadas por MapBiomias, han demostrado lo contrario. Mucha colaboración, intercambio de conocimientos, metodología transparente y resultados robustos de acceso público.

IHLLERO 1.0: CATÁLOGO DE DATOS DEL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA DE LLANURAS “DR. EDUARDO JORGE USUNOFF”

Ilda Entraigas

Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff”

Leonardo Sierra

Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff”. Becario Postdoctoral CONICET

Luisa Fernanda Fajardo González

Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff”. Becaria Doctoral CICPBA

Natalia Vercelli

Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff”. Becaria Postdoctoral CONICET

INTRODUCCIÓN

El término catálogo proviene del griego *katálogos* (lista) y hace referencia a un registro ordenado con determinado criterio que presenta información de interés y descripciones generales de elementos pertenecientes a una persona, empresa o institución. Actualmente, los catálogos son mucho más que un mero inventario, ya que constituyen una herramienta valiosa al momento de brindar una vista única y general de los elementos que contienen, al mismo tiempo que otorgan una mayor visibilidad a todos sus componentes.

En el ámbito de la investigación científica, cualquiera de sus ramas disciplinares requiere una amplia variedad de datos a recopilar y tener en cuenta, así como un ingente volumen de información a considerar para extraer conclusiones, que, por otro lado, también han adquirido un creciente componente de especialización y complejidad (García Juan y Vallina Rodríguez, 2019). En el caso específico del Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff” (IHLLA, www.ihlla.conicet.gov.ar), sus ya más de treinta años de trayectoria han promovido el incremento en el número de sus integrantes y la diversidad disciplinar de los proyectos de investigación emprendidos. Esto, ineludiblemente, llevó a la multiplicación tanto de los sitios de muestreo como de las variables consideradas, al mismo tiempo que se incorporaron nuevos instrumentos, sensores y técnicas de análisis.

El nuevo desafío de llevar adelante el proyecto denominado “*Análisis multidimensional de la conectividad en los ambientes de llanura bajo un contexto de cambio global*” (PUE n° 22920200100035CO, aprobado por resolución 2020-1672 de CONICET), en el que participan 48 integrantes del IHLLA, sacó a la luz la necesidad imperiosa de conocer detalles precisos acerca de los datos científicos generados en la cuenca del arroyo del Azul con los que cuenta la institución. De esta manera surgió la idea de elaborar un catálogo con el objetivo de visibilizar dichos datos para facilitar la disponibilidad y acceso a los mismos, evaluar su trazabilidad y calidad y, por consiguiente, optimizar el uso de los recursos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para elaborar el catálogo se realizaron numerosas consultas a los profesionales del IHLLA (individuales y grupales) a fin de conocer cuestiones acerca del tipo y volumen de datos con los que llevan adelante su trabajo. De esta manera, se recabó información sobre la naturaleza de las variables analizadas, las localizaciones de los sitios de muestreo, la frecuencia de la toma de datos, el período de tiempo de los registros, el responsable de las observaciones, etc., surgiendo así los diferentes campos que conforman el catálogo. Asimismo, se consultó a los investigadores y becarios acerca de los mecanismos y criterios de búsqueda que utilizan cuando necesitan datos generados por otro grupo de investigación de la institución o que, simplemente, no tienen certezas sobre su existencia.

La estructura del catálogo IHLLERO 1.0 fue elaborada en una planilla de cálculo, con filas y columnas ordenadas de tal manera que resulte útil a los integrantes del IHLLA cuando emprenden una búsqueda de datos internos específicos. En ese mismo sentido, los colores y filtros también fueron seleccionados con la intención de reflejar los requerimientos más comunes planteados por sus potenciales usuarios.

RESULTADOS

El campo de anclaje seleccionado para el catálogo IHLLERO 1.0 fue el de los sitios en los cuales se observan o registran las diferentes variables contempladas en proyectos de investigación actuales o ya finalizados. Así, la primera columna (“CÓDIGO”) contiene el código que identifica de manera única a cada elemento dentro del catálogo y consta de un nombre corto, abreviatura o acrónimo, de manera de facilitar su rápida comprensión por los usuarios al momento de utilizar el catálogo y, simultáneamente, garantizar su óptima visualización en los mapas y gráficos. La segunda columna (“TOPONIMIA”) contiene un breve texto que describe la ubicación del elemento haciendo referencia a un arroyo, perforación, geoforma, establecimiento agropecuario, etc.; y las dos siguientes (“LATITUD” y “LONGITUD”) se refieren a la localización geográfica del elemento expresada en latitud y longitud. A partir de allí, continúan los campos referidos específicamente a las observaciones implicadas en cada sitio de muestreo. De acuerdo al análisis integral de la inmensa variedad de características ambientales consideradas por los integrantes del IHLLA, se agruparon las mismas en seis clases: Meteorología, Hidrología Superficial, Hidrología Subterránea, Edafología y Zona No Saturada, Biología, y Geofísica, las cuales fueron divididas en subclases de acuerdo a criterios que permitieron, a su vez, desagregar las distintas variables que son observadas, medidas, calculadas y/o registradas en cada sitio de muestreo (tabla 1). Así, el catálogo provee información en primera instancia acerca de cuáles son los datos con que se cuenta en cada sitio de muestreo y luego, en las sucesivas columnas, acerca del periodo y la frecuencia de los registros. Por último, se detallan referencias de quienes han realizado las campañas de muestreo o los análisis de las muestras (aspecto relacionado con la trazabilidad de los datos), y también especificaciones sobre, por ejemplo, el instrumental utilizado (lo cual aporta indicios de la calidad de los datos) (figura 1).

Clase	Subclase	Variables (algunos ejemplos)
METEOROLOGÍA	Estación Hidrometeorológica	Precipitación, Humedad relativa, Temperatura del aire, Presión atmosférica, Velocidad del viento, Dirección del viento
	Estación de Balance de Energía	Temperatura del aire, Temperatura de la vegetación, Temperatura del suelo, Flujo de calor en el suelo, Radiación
	Dispositivo Único	Precipitación: Volumen, Intensidad, Isótopos, Cloruros
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	Batimetría	Curva altura-caudal
	Nivel	Altura columna de agua
	Análisis Físicos	Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendedos Totales, Concentración de Sedimentos, Temperatura del agua
	Análisis Químicos (inorgánicos)	Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Flúor, Potasio, Nitrógeno
	Análisis Químicos (metales)	Arsénico, Plomo, Zinc, Cobre, Cromo, Mercurio
	Análisis Químicos (orgánicos)	Demanda Bioquímica de Oxígeno, Clorofila, Agroquímicos
HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA	Análisis Químicos (isótopos)	Deuterio, Oxígeno-18
	Descripción Litológica	Profundidad, Abundancia de arenas y arcillas, Plasticidad
	Nivel Freático	Profundidad al pelo de agua desde la superficie
	Análisis Físicos	Sólidos Disueltos Totales, Temperatura del agua
	Análisis Químicos (inorgánicos)	Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Sulfatos, Carbonatos, Flúor, Bicarbonatos, Nitratos, Nitritos, Cloruros, Flúor
	Análisis Químicos (metales)	Arsénico, Aluminio, Plomo, Cromo, Cadmio
EDAFOLOGÍA y ZONA NO SATURADA	Análisis Químicos (orgánicos)	Agroquímicos (herbicidas, insecticidas, fungicidas)
	Análisis Químicos (isótopos)	Deuterio, Oxígeno-18
	Descripción del perfil	Espesor de cada horizonte, Color, Textura, Estructura
BIOLOGÍA	Análisis Físicos	Temperatura del suelo, Contenido de humedad, Velocidad de infiltración, Densidad aparente, Textura
	Análisis Químicos (inorgánicos)	pH, Conductividad eléctrica, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros
	Análisis Químicos (orgánicos)	Contenido de materia orgánica
GEOFÍSICA	Vegetación	Diversidad taxonómica, Abundancia, Biomasa Seca Aérea, Estado fenológico, Altura, Profundidad de las raíces
	Peces	Diversidad taxonómica, Abundancia, Longitud, Peso, Patologías
	Fitoplancton	Diversidad taxonómica, Abundancia
	Invertebrados bentónicos	Diversidad taxonómica, Abundancia
	Bacterias	Aerobias Totales, Coliformes Totales, Coliformes Fecales
GEOFÍSICA	Sondeo Eléctrico Vertical	Resistividad, Profundidad
	Perfilaje Geofísico	Resistividad, Profundidad, Conteo Gamma
	Tomografía Resistencia Eléctrica	Resistividad, Profundidad

Tabla 1. Criterio de clasificación para las características ambientales contempladas en los proyectos de investigación del IHLLA y que constituye la base para la estructura del catálogo

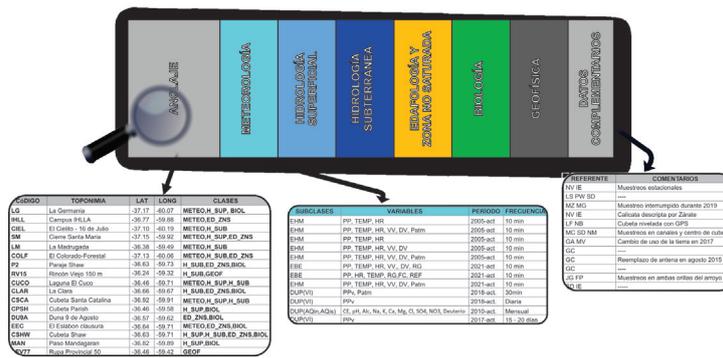


Figura 1. Esquema general de la estructura del catálogo IHLLERO 1.0 y detalle de algunos de sus campos

Esta primera versión del catálogo institucional del IHLLA contiene, hasta el momento, 150 elementos, lo que refleja la gran cantidad de sitios distribuidos por todo el ámbito de la cuenca del arroyo del Azul en los que se cuenta con información correspondiente a diversas variables ambientales. Cabe aclarar que muchos de esos miles de datos están almacenados en la denominada Base de Datos Hidrológicos (www.azul.bdh.org.ar) que fue creada en el año 2002 y que se ha convertido en una herramienta de uso y consulta frecuente para numerosas instituciones y organismos involucrados en el estudio y la gestión sustentable de los recursos hídricos.

La condición de georeferencia para cada elemento del catálogo permite su incorporación en cualquier Sistema de Información Geográfica, lo que facilita aún más la identificación por parte de los usuarios de aquellos sitios que se encuentren en sectores específicos, ya sea una determinada subcuenca, unidad geomorfológica, cercanía a un curso de agua, entre otros criterios (figura 2). Además, al haber adoptado un formato de tabla de doble entrada, la búsqueda en el catálogo puede iniciarse también por la naturaleza de las variables de interés o del período de registro de los datos, por ejemplo.

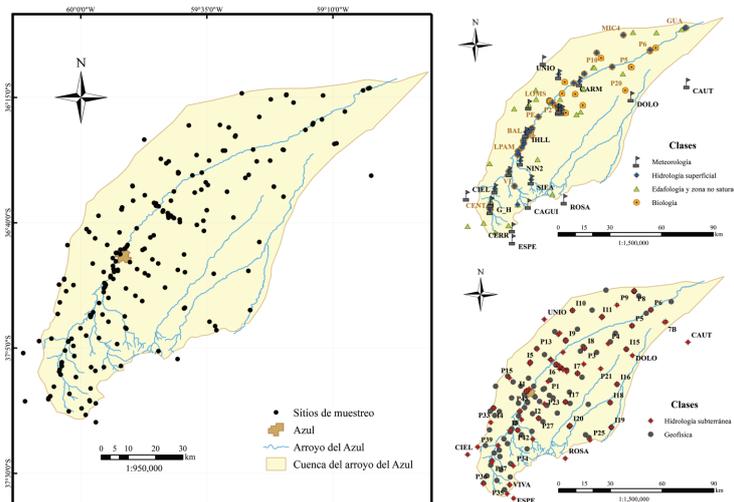


Figura 2. Distribución espacial del conjunto total de elementos del catálogo IHLLERO 1.0 (Izquierda) y discriminados por Clases (Derecha)

REFLEXIONES FINALES

El desafío de enfrentar investigaciones multidisciplinarias y transversales, especialmente cuando el objeto de estudio es un sistema complejo, promueve la necesidad concreta de trabajar con grandes volúmenes de datos que, a su vez, son de distinto tipo, tienen una variada distribución en el espacio y han sido obtenidos en distintos momentos a lo largo del tiempo.

El IHLLERO 1.0 pretende constituirse en un catálogo institucional que facilite el trabajo de los profesionales que llevan a cabo sus tareas en el IHLLA a partir de proveer un registro ordenado de los sitios de muestreo, su localización en el espacio geográfico, la naturaleza de las variables analizadas y la periodicidad de sus observaciones, entre sus principales aspectos. La experiencia del diseño y el funcionamiento del catálogo implica adoptar acuerdos institucionales de muy diversa escala; desde aquellos pequeños que implican el consenso para, por ejemplo, proponer los códigos para denominar los elementos componentes, hasta aquellos más profundos relacionados con el compromiso para la actualización permanente de los diferentes campos del catálogo. Claramente, es una labor colectiva en la cual la participación de cada uno facilita el trabajo de todos.

El IHLLERO 1.0 surgió de una necesidad concreta a partir de la realización de un proyecto de investigación multidisciplinar en el que participa la mayoría de los integrantes de la institución; quizás haya otras instituciones que atraviesen situaciones similares y necesiten también elaborar sus propios catálogos de datos. Esto incentivaría a normalizar y estandarizar todos los aspectos relacionados con los registros a fin de conformar una red de catálogos que permita conocer lo que otros institutos generan y así proponer proyectos para trabajar en conjunto. Por ahora, el IHLLERO 1.0 es de uso interno y de rodaje muy incipiente, diseñado con normas propias, teniendo como principal objetivo facilitar la visibilidad general de los datos con los que cuenta la institución para favorecer la accesibilidad a los mismos y, al mismo tiempo, optimizar el uso de los recursos (tiempo y dinero) implicados en su obtención.

La cuenca del arroyo del Azul es, probablemente, el sistema hidrológico de llanura más monitoreado de la región, y dicha condición genera un inmenso volumen de datos ambientales. Esto representa una potencial ventaja para los profesionales del IHLLA al momento de, por ejemplo, plantearse preguntas que generen nuevos proyectos de investigación; pero dicha ventaja no se torna efectiva hasta tanto la información se encuentre ordenada, jerarquizada y accesible. Disponer de un catálogo con los sitios de muestreo históricos y actuales, donde se detalle la diversidad de variables analizadas, su frecuencia y periodo de muestreo, las técnicas utilizadas, y los profesionales referentes, permite acelerar los tiempos de búsqueda y optimizar los recursos disponibles y, al mismo tiempo, implica el inmenso compromiso de hacer un uso responsable y criterioso de la información generada.

REFERENCIAS

García Juan, L. y Vallina Rodríguez, A. (2019). SIG y Bases de Datos. Oportunidades y retos en la transición de los sistemas tradicionales al BIG DATA. *Espacio, tiempo y forma*, Serie VI - Geografía 12, 135-157.

LA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE CUADRANTES APLICADO A COVID-19. EL CASO DE LAS GRANDES ÁREAS URBANAS CHILENAS

Manuel Fuenzalida Díaz

Departamento de Geografía. Universidad Alberto Hurtado

RESUMEN

El estudio de las distribuciones espaciales tiene que ver con la frecuencia diferencial con que un hecho geográfico se produce en el territorio, por lo tanto, sus densidades varían. La técnica de análisis de cuadrantes superpone un conjunto regular de celdas en un área de estudio y se determina el número de puntos en cada celda. Al analizar la distribución de las frecuencias en cada celda, se puede describir la disposición del patrón de puntos. Metodológicamente, se detalla los supuestos que intervienen en la construcción de cuadrantes de 1 kilómetro cuadrado, la utilización del *Geoalgoritmo* “contar puntos en polígonos” y el cálculo del estadístico relación varianza-media.

La utilización de la técnica de análisis de cuadrantes reveló que la distribución geográfica de los casos PCR+ o probables para COVID-19 no siguen un modelo de distribución aleatorio

o regular. Por el contrario, al presentar un modelo de distribución agrupado, pone de manifiesto la necesidad de que los tomadores de decisiones en materia sanitaria, determinen inteligentemente el tipo y la complejidad de las medidas para cada sector a una escala intra-ciudad ciudad.

Palabras clave: COVID-19; Análisis de Cuadrantes; Chile

INTRODUCCIÓN

El análisis de cuadrantes es una técnica diseñada para medir propiedades de los patrones de puntos. Es de interés inherente para los análisis geográficos porque proporcionan respuestas a preguntas fundamentales sobre las relaciones espaciales entre puntos georreferenciados (localización coordenada).

La disposición de muchos puntos georreferenciados en el territorio, conforma lo que se conoce como un patrón de puntos, el cual puede aportar información valiosa acerca de las variables y procesos recogidos en dichos puntos. La técnica de análisis de cuadrantes está ampliamente difundida en Ecología, Epidemiología, Criminología, Geomarketing y desde la masificación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la Geografía ha vuelto a utilizar de forma sistemática esta técnica, para examinar la frecuencia de la disposición espacial de puntos en varias partes de un área de estudio.

Cuando el 11 de febrero de 2020 se establece con el nombre de COVID-19 a la enfermedad causada por el nuevo coronavirus y el día 11 de marzo de 2020 la OMS caracteriza a COVID-19 como una pandemia (Mojica-Crespo y Morales-Crespo, 2020), la localización y georreferenciación de casos PCR+ o probables se volvió una prioridad para la gestión de la enfermedad. Un alto número de casos concentrados en una gran ciudad, supondría dificultades para la atención sanitaria adecuada, sometiendo a los especialistas a tomar decisiones críticas y urgentes sobre las operaciones clínicas y la asignación de recursos (Weissman et al., 2020).

El concepto geográfico clave es el de densidad. El estudio de las distribuciones espaciales tiene que ver con la frecuencia diferencial con que un hecho geográfico se produce en el territorio, por lo tanto, sus densidades varían. En nuestra disciplina, la densidad está referida a los valores que asumen las mediciones de una variable (fenómeno estudiado) dividiéndolo por una unidad de superficie (Buzai y Baxendale, 2006). La densidad representa la intensidad (propiedad de primer orden) del patrón de puntos, que es una relación concreta del proceso de puntos que lo ha generado.

El análisis de cuadrantes superpone un conjunto regular de celdas (generalmente de forma cuadrada, triángulo o hexágono) en un área de estudio y se determina el número de puntos en cada celda. Lo habitual es emplear unidades cuadradas, de ahí la denominación.

Al analizar la distribución de las frecuencias en cada celda, se puede describir la disposición del patrón de puntos. De forma general, existen tres tipos de patrones (figura 1):

- » Aleatorio: Sin ningún orden aparente en la distribución. Las posiciones de los puntos son independientes entre sí, no existiendo correlación entre la localización de los puntos.
- » Regular: La densidad es constante y los puntos se disponen equidistantes entre sí.
- » Agrupado: La densidad de los puntos es muy elevada en ciertas zonas. Subgrupos de puntos tienden a estar más cerca uno de otros.

Dado que COVID-19 parece ser una enfermedad que presenta una mayor tasa de incidencia en contextos urbanos, se sugiere que el tamaño de los cuadrantes sea de 1 km² para un contexto de análisis urbano de escala de país, así la medida siempre referirá a un tamaño conocido, independientemente de la complejidad funcional del área urbana que se está analizado. Si el área de estudio corresponde a una escala intra-ciudad, se recomienda utilizar cuadrantes de una hectárea (Fuenzalida, 2017).

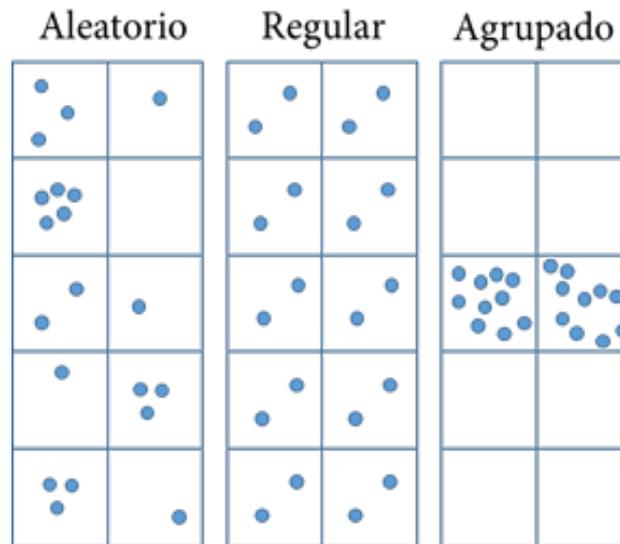


Figura 1. Tipos de patrón de puntos, en base a la distribución espacial de 20 puntos

Cuando uno reconoce un patrón de puntos, el analista territorial que observa el mapa podría hacerse preguntas del tipo ¿Sugiere el patrón de puntos que la localización de un caso PCR+ influye en la ubicación de otros casos PCR+? ¿La localización de los casos PCR+ dependen de alguna manera unos de otros? ¿Hay evidencia en el patrón que indique que los casos PCR+ no están relacionados en absoluto?

La técnica de análisis de cuadrantes intenta responder tales preguntas adaptando algunas de las ideas matemáticas básicas de la teoría de la probabilidad para analizar la distribución de frecuencia de un patrón de puntos. Por frecuencia nos referimos a la forma en que la densidad de puntos varía en el área de estudio (Thomas, 1977).

Con la serie de datos que indica el conteo de puntos en cada cuadrante, se procede al análisis estadístico. Este puede hacerse comparando los conteos en los cuadrantes o la media de la serie. El estadístico que se calcula es el índice de dispersión o la relación varianza-media (*variance/mean ratio* -VMR- en inglés).

De esta forma, para la variable X se interpreta cada celda como una observación y se ejecuta un conteo del número de puntos que están al interior. Posteriormente se calcula la varianza y la media de X , y se construye la relación varianza/media (VMR).

En término de interpretación de resultados podemos afirmar que, para una distribución regular, la varianza es cero (0), por lo tanto, uno puede esperar que el valor de VMR esté cercano a cero (0). Para una distribución aleatoria, la varianza y la media son iguales. Por lo tanto, uno puede esperar que el valor de VMR esté alrededor a uno (1). Para una distribución agrupada, la varianza es relativamente grande, por lo tanto, uno puede esperar que el valor de VMR esté sobre uno (1).

Como bien señalan Feehan y Mahmud (2021), la dinámica de COVID-19 en una población depende fundamentalmente de las tasas de interacción interpersonal y de los patrones de quién interactúa con quién. Con el fuerte aumento de casos de COVID-19 a nivel mundial, muchos países adoptaron prácticas de distanciamiento físico a una escala sin precedentes en un esfuerzo por reducir la transmisión.

En Chile, el Plan de Acción Coronavirus COVID-19, definió como criterios para aplicar cuarentena el número de casos activos (capaces de transmitir la infección), aumento de la incidencia de casos activos, concentración de casos activos por km^2 y la capacidad asistencial de la red integrada COVID-19.

A continuación se describen los pasos metodológicos y las posibilidades analíticas a partir del cálculo de concentración de casos activos por kilómetro cuadrado.

METODOLOGÍA

Construcción de cuadrantes de 1 kilómetro cuadrado

La definición de los límites del área de estudio es muy importante en la construcción de los cuadrantes. En el caso de Chile se utilizaron los límites del Área Urbana Consolidada (AUC) que fueron definidas por el Instituto Nacional de Estadísticas a propósito de la metodología para medir el crecimiento urbano en las ciudades de Chile (INE, 2018).

El AUC empleada corresponde al año 2017 y se puede obtener desde la Infraestructura de Datos Geospaciales (IDE Chile). Es al día de hoy la información más actual disponible sobre la medida física de la extensión urbana de las áreas conurbadas, ciudades o asentamientos urbanos.

Con el objeto de que en cada parte del área de estudio pueda ser posible la ubicación de un caso PCR+ Urbano, a partir del *software QGIS* (v 2.8.2), se creará una cuadrícula, de tipo polígono que utilizará la extensión del *shapefile* de AUC. En los parámetros de espaciado vertical y horizontal será de 1.000 metros y el SRC corresponde a EPSG:31979, SIRGAS 2000 / UTM Zone 19 S.

A continuación, tendremos la precaución de excluir los cuadrantes que se superponen en el área rural, dado que se estudiarán las frecuencias PCR+ Urbano. La inclusión de cuadrantes rurales podría, potencialmente, conducir a una matriz de frecuencia errónea porque se sobrestimaría el número de cuadrantes vacíos.

Contar puntos en polígonos

Se utilizará el Geoalgoritmo “contar puntos en polígonos”. Este algoritmo requiere una capa de puntos (casos PCR+) y una capa de polígono (Cuadrantes AUC) y cuenta el número de puntos existente en el primero en cada uno de los polígonos del segundo.

Aquí es importante reconocer que el Departamento de Gestión de Riesgos en Emergencias y Desastres del Ministerio de Salud de Chile, pone a disposición de la comunidad en general, la frecuencia de casos activos (notificados con PCR positivo y casos probables) en cuadrante por kilómetro cuadrado urbano, de forma diaria.

Dada la finalidad de mostrar las bondades de la técnica de análisis de cuadrantes, se compilaron los archivos disponibles desde el 20 de abril al 31 de diciembre de 2020 y se sumaron todas las frecuencias registradas de forma diaria, para obtener el escenario del patrón de puntos PCR+ para el año 2020.

Los conjuntos urbanos elegidos corresponden a las tres grandes Áreas Metropolitanas chilenas, a saber, Gran Valparaíso, Gran Santiago y Gran Concepción, más las ciudades o espacios conurbados que ofician de cabecera regional en el sistema político administrativo chileno.

Cálculo del estadístico relación varianza-media (VMR en inglés).

A pesar de que existen diferentes clases de índices con el fin de estimar el tipo de distribución espacial de una población, en este caso de PCR+, Southwood (1978) propone utilizar la relación entre la varianza y la media.

Donde
 $S^2 =$ Varianza
 $X =$ media

Si los valores de la relación se aproximan a 1, se puede decir que la distribución de los casos PCR+ es completamente aleatoria; valores de 0 o cercanos a este indican una distribución espacial regular y valores mayores de 1 nos señalan una distribución agrupada.

En el análisis también se tomará en cuenta la información referida al número de cuadrantes que componen el AUC de estudio y el valor máximo obtenido en un cuadrante, dado que nos permite orientar sobre el tamaño del área urbana y la magnitud de la ocurrencia de casos.

RESULTADOS

De norte a sur, los dieciseis espacios urbanos seleccionados corresponden a Arica, Iquique-Alto Hospicio, Antofagasta, Copiapó, La Serena-Coquimbo, Gran Valparaíso, Gran Santiago,

Rancagua–Machalí, Talca–Culénar, Chillán–Chillán Viejo, Gran Concepción, Temuco–Padre Las Casas, Valdivia, Puerto Montt, Coyhaique y Punta Arenas. La información referida al número de cuadrantes que lo componen, el valor máximo obtenido en un cuadrante al interior de la ciudad y los estadísticos que permiten calcular la relación varianza-media se pueden observar en la tabla 1.

Latitud	Ciudad	N Cuadrantes	Val. Max.	Varianza	Promedio	VMR
18.4833 S	Arica	65	872	63.948,1	190,5	335,6
20.2167 S	Iquique - Alto Hospicio	76	1.405	122.559,5	266,4	460,0
23.65 S	Antofagasta	80	1.205	96.760,4	245,4	394,3
27.3664 S	Copiapó	60	537	15.357,5	93,6	164,0
29.9 S	La Serena - Coquimbo	141	439	6.768,0	73,3	92,3
33.05 S	Gran Valparaíso	261	476	14.225,3	112,9	125,9
33.4513 S	Gran Santiago	1.075	1.770	112.270,3	284,6	394,5
34.1667 S	Rancagua - Machalí	116	523	14.819,7	99,4	149,0
35.4333 S	Talca - Culénar	78	383	11.498,9	109,6	104,9
36.6 S	Chillán - Chillán Viejo	60	601	19.563,4	147,1	133,0
36.8282 S	Gran Concepción	318	723	24.079,5	123,3	195,3
38.7333 S	Temuco - Padre Las Casas	98	461	10.401,2	108,5	95,9
39.8139 S	Valdivia	65	682	23.697,4	104,0	227,9
41.4667 S	Puerto Montt	73	591	25.690,6	140,5	182,9
45.57524 S	Coyhaique	24	237	5.908,0	69,3	85,3
53.1667 S	Punta Arenas	56	1.091	98.931,3	282,9	349,6

Tabla 1. Construcción de cuadrantes de 1 km²
Fuente: elaboración personal

El espacio urbano que presenta un menor tamaño corresponde a la ciudad de Coyhaique, localizado en la Patagonia chilena y el de mayor tamaño es el Gran Santiago, centro político y económico del país. Una cuestión importante a observar es que, de forma incremental, las ciudades de Punta Arenas (sur), Antofagasta (norte), Iquique-Alto Hospicio (norte) y el Gran Santiago (centro) presentan al menos un cuadrante que supera los 1.000 casos por kilómetro cuadrado. En contraposición, de forma descendente, las ciudades de Temuco–Padre Las Casas (sur), La Serena–Coquimbo (norte), Talca–Culénar (centro) y Gran Valparaíso (centro), no superan los quinientos casos por kilómetro cuadrado.

En relación al estadístico relación varianza-media (VMR), podemos observar que para todas las ciudades en estudio, el modelo de distribución espacial de los casos PCR+ en el año 2020 se comportó de forma agrupada, es decir, la densidad de los casos PRC+ es muy elevada en ciertas zonas.

El rango del VMR oscila entre 85,3 en Coyhaique y 460 en Iquique-Alto Hospicio. Luego de un proceso reflexivo, se decidió valor el modelo distribución espacial agrupado en tres categorías (figura 2):

- » Concentración fuerte: valores que oscilan entre 85,3 y 104,9.
- » Concentración muy fuerte: valores que oscilan entre 125,9 y 227,9.
- » Concentración extremadamente fuerte: valores que oscilan entre 335,6 y 460.

Ordenado el VMR de mayor a menor, tendríamos en la primera categoría, a los conjuntos urbanos de Coyhaique, La Serena–Coquimbo, Temuco–Padre Las Casas y Talca–Culénar. En la segunda categoría a Gran Valparaíso, Chillán–Chillán Viejo, Rancagua–Machalí, Copiapó, Puerto Montt, Gran Concepción, Valdivia. En la tercera categoría a Arica, Punta

Arenas, Antofagasta, Gran Santiago e Iquique-Alto Hospicio, siendo estos últimos, donde el COVID-19 ha presentado una mayor intensidad.

Al inspeccionar la estructura de poblamiento subyacente a los cuadrantes que muestran una concentración de casos, nos encontramos que son cuadrantes dominados por la localización de vivienda social o edificios.

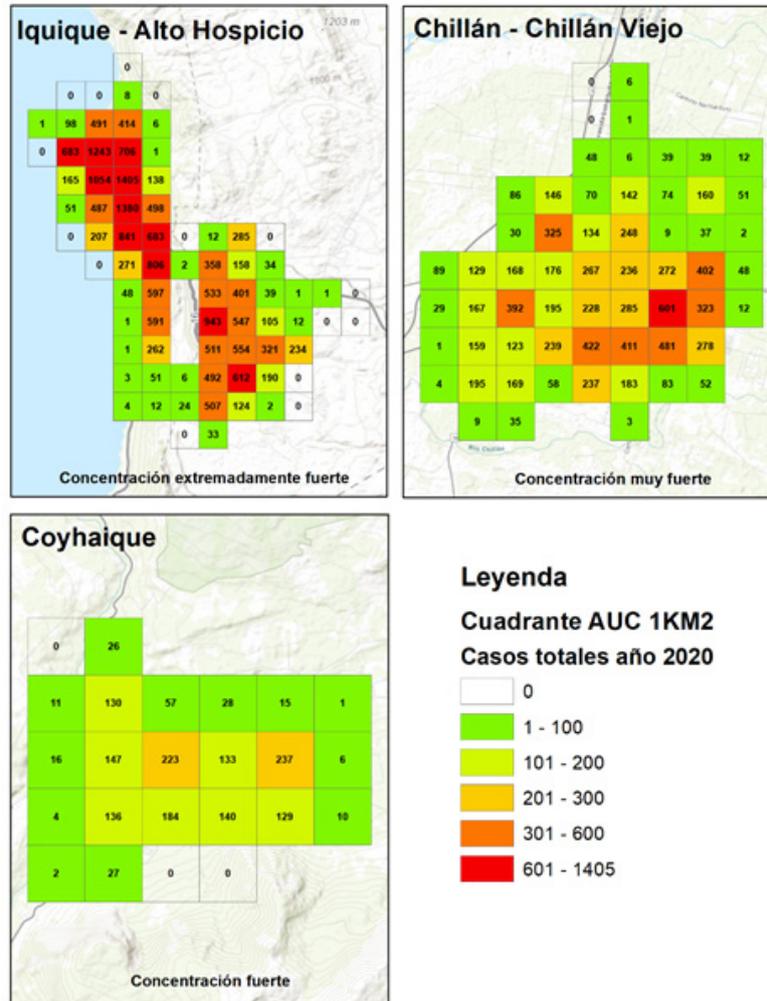


Figura 2. Tres tipos de comportamiento del modelo de distribución espacial agrupado
Fuente: elaboración personal

CONSIDERACIONES FINALES

La evidencia internacional del comportamiento de la pandemia sugiere que un lugar de alta densidad poblacional contribuye a encuentros humanos más cercanos y puede aumentar el número de pacientes con COVID-19 y la mortalidad resultante, aunque la densidad por sí sola no puede considerarse un factor de riesgo de COVID-19 (Khavarian-Garmsir et al., 2021).

La utilización de la técnica de análisis de cuadrantes reveló que la distribución geográfica de los casos PCR+ o probables para COVID-19 no siguen un modelo de distribución aleatorio o regular. Por el contrario, al presentar un modelo de distribución agrupado, pone de manifiesto la necesidad de que los tomadores de decisiones en materia sanitaria, determinen inteligentemente el tipo y la complejidad de las medidas para cada sector de una ciudad, en función de las características demográficas, ambientales, económicas y sociales (Valizadeh et al., 2021).

Esto abre una oportunidad única para la Geografía, en la premisa que el manejo e integración de múltiples variables de información territorial, permitirá entender el dónde y por qué han sido afectadas ciertas zonas más que otras. Aprender de los efectos territoriales de

esta pandemia se vuelve imperioso. Partir por la identificación del cuadrante que más casos ha presentado en un área urbana, es un buen inicio.

REFERENCIAS

- Buzai, G.D. y Baxendale, C.A. (2006). *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Feehan, D. y Mahmud, A. (2021). Quantifying population contact patterns in the United States during the COVID-19 pandemic. *Nat Commun* 12, 893.
- Fuenzalida, M. (2017). Análisis espacial de percepción ciudadana a externalidades negativas. En A. Moreno, G. Buzai y M. Fuenzalida (coords) *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales* (2ª Ed. Actualizada). Editorial RA-MA.
- INE (2018). *Metodología para medir el Crecimiento Urbano de las Ciudades de Chile*. Monografías y Ensayos, IX Ciudad y Territorio.
- Khavarian-Garmsir, A.R.; Sharifi, A. y Moradpour, N. (2021). Are high-density districts more vulnerable to the COVID-19 pandemic?. *Sustainable Cities and Society*, 70, 102911.
- Mojica-Crespo, R. y Morales-Crespo, M.M. (2020). *Pandemia COVID-19, la nueva emergencia sanitaria de preocupación internacional: una revisión*. Medicina de Familia. SEMERGEN.
- Southwood, T.R.E. (1978). *Ecological methods* (Second ed.) Chapman and Hall Co. London, UK.
- Thomas, R.W. (1977). *An introduction to quadrat analysis*. Geo Abstracts Limited.
- Valizadeh, J.; Hafezalkotob, A.; Alizadeh, S.M.S. y Mozafari, P. (2021). Hazardous infectious waste collection and government aid distribution during COVID-19: A robust mathematical leader-follower model approach. *Sustainable cities and society*, 69, 102814.
- Weissman, G.E.; Crane-Droesch, A.; Chivers, C.; Luong, T.; Hanish, A.; Levy, M. Z.; ... y Halpern, S.D. (2020). Locally informed simulation to predict hospital capacity needs during the COVID-19 pandemic. *Annals of internal medicine*, 173(1), 21-28.

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GESTIÓN DEL HÁBITAT SOCIAL: BASE DE DATOS GEOESPACIAL DE LA GERENCIA DE DESARROLLO URBANO DEL IPDUV (CHACO)

Gabriela Ebel

Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda (IPDUV-Chaco)

Leandro Augusto Cerno

IIDTHH (UNNE - CONICET)

Rodrigo Valdés

Grupo de Estudio y Desarrollo en Tecnologías de Información Geográfica - GEDTIG (UTN-FRRe)

Delia Araujo

Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda (IPDUV-Chaco)

Palabras clave: Vivienda Social; Tecnologías de la Información Geográfica; Base de Datos Geográfica; SIG Organizacional; IPDUV Chaco

OBJETIVO

Describir el proceso de desarrollo y aplicación de un Sistema de Información Geográfica Organizacional elaborado en el marco de un área técnica del Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda de la provincia de Chaco.

INTRODUCCIÓN

La Gerencia de Desarrollo Urbano (GDU) es una de las dependencias orgánicas del Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda (IPDUV) de la provincia de Chaco. Entre sus objetivos

se destacan los de coordinación, elaboración e implementación de planes, programas y proyectos integrales o parciales de vivienda social destinados a los asentamientos humanos de la provincia, como también el estudio de localizaciones, saneamiento de lo referente al dominio, catastro, mensura y el relevamiento físico de los inmuebles afectados en la órbita de las actuaciones.

Creado en 1977, no fue sino hasta la década de 1990 que el IPDUV comenzó a emplear herramientas tecnológicas que facilitarían la consecución de los objetivos de la GDU, incorporándose en primer lugar la utilización de herramientas CAD, planillas de cálculo y sistemas de gestión de bases de datos, aunque de manera no integrada. En 2002 se incorporó el uso de TIG mediante el desarrollo de los primeros proyectos bajo entorno ArcVIEW que, aunque aplicados en casos aislados, abrigaron esperanzas de un paulatino tránsito hacia la unificación de la información (González Thomas et al., 2005).

Estos pasos tuvieron lugar dentro del Departamento de Asentamientos Humanos¹ de la GDU, superando un fallido intento previo de aplicación de SIG bajo entorno ArcINFO a fines de los '90, truncado fundamentalmente por falta de capacitación del personal técnico (González Thomas et al., 2005). Los resultados iniciales se relacionaron con el georreferenciamiento y carga de atributos relacionados al hábitat y a las condiciones socioeconómicas de beneficiarios de programas de vivienda o mejoramiento, localización de asentamientos irregulares y estado de los procesos de expropiación y/o regularización de dominio, como también la creación de bibliotecas de información secundaria georreferenciada por localidades, de interés como soporte al análisis y a la toma de decisiones vinculadas a la localización y ejecución de planes y programas instrumentados desde el IPDUV como parte de las políticas públicas de acceso al hábitat.

El IPDUV había concretado en 1998 la creación de la Unidad de Sistemas (US), instalación de infraestructura de redes informáticas y capacitaciones del personal en ese sentido, pero la incorporación de TIG en la GDU no quedó al margen de inconvenientes que seguían ralentizando los flujos de trabajo. El uso de la red no aplicaba a una forma de trabajo sistemática ni integrada (González Thomas et al., 2005); los SIG se implementaban desde una concepción de estructura de archivos, ordenados por clases en bibliotecas ubicadas en un servidor ubicado en la US, este último permanentemente sobrecargado en términos de almacenamiento, debido a una creciente digitalización de la información y como resultado de la salvaguarda de registros provenientes de otros organismos públicos, duplicación de archivos, versiones y actualizaciones, entre otras formas de desaprovechamiento.

La creación del Departamento de Sistemas de Información Geográfica (DSIG) en la Gerencia, en 2008, contribuyó en la visión de dotar de mayor solidez la búsqueda de soluciones innovadoras, permitiendo mejorar e incrementar el apoyo de las TIG en la gestión de los intereses y objetivos. Sin embargo, debería transcurrir prácticamente una década hasta que los inconvenientes mencionados fueran abordados bajo una visión integrada de aplicación de TIG y de optimización de recursos técnicos y humanos.

Una cada vez mayor dispersión de la información, su duplicación, las necesidades de actualización permanente frente a nuevas demandas y los crecientes requerimientos al DSIG tanto como a la GDU, cuyos plazos se veían dilatados en esta coyuntura, empujaron a la aplicación de bases de datos geoespaciales (BDG) unipersonales, elaboradas bajo entorno ArcGIS. Aún con rudimentario nivel de desarrollo y sin siquiera garantizar un entorno de trabajo multiusuario, estas BDG dieron cuenta de sus beneficios y de la necesidad de iniciar un cambio cualitativo en la forma de generación, almacenamiento y gestión de la información con base territorial de la Gerencia.

Se decidió encarar dicha tarea, mediante un convenio de asistencia técnica entre el IPDUV y la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), suscrito en 2018, con el objetivo de “asistir en la adecuación y reorganización de la información geográfica, procesos y recursos humanos, a efectos de sentar las bases para el desarrollo de un SIG Organizacional acorde a las necesidades de la Gerencia de Desarrollo Urbano”, y de

¹ Existen además los departamentos “Dominio”, “Sistemas de Información Geográfica”, “Gestión de Tierras” y “Catastro Físico”.

“proveer herramientas de software para que la información geográfica generada por dicha Gerencia pueda ser compartida de manera sencilla con otras Gerencias del Instituto”.

Se pautaron inicialmente cinco meses para el alcance de los objetivos. Sin embargo, la complejidad y unas mayores necesidades de desarrollo a la luz del potencial de adaptabilidad a demandas y requerimientos de otras áreas del IPDUV, derivaron en la extensión del convenio y la suscripción de mayores servicios de asesoramiento que se extienden hasta la fecha, además de estar actualmente avanzándose hacia mayores niveles de integración, en la medida de la incorporación de requerimientos emanados de las demás áreas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una meta clave para el desarrollo de un SIG Organizacional fue el diseño y puesta en funcionamiento de una base de datos relacional geográfica (BDRG). Esto posibilitaría formas de trabajo multiusuario, almacenamiento centralizado, seguridad de los datos y auditoría, realización de consultas y análisis complejos; facilitaría una compilación de datos organizados por clases de entidad y además sería clave para el desarrollo de un visualizador web a través del cual compartir información pública con otras áreas del IPDUV o, en el futuro, con el público en general. Diversos trabajos (Caloni y Miraglia, 2015; Juárez y Deluca, 2015; Julio, 2014) han precisado algunas de las virtudes de las BDRG bajo distintas aplicaciones.

El proceso de desarrollo fue organizado en tres etapas de trabajo:

- » Diagnóstico.
- » Desarrollo de Productos de Software.
- » Capacitación e Implementación.

Etapas de diagnóstico:

Se realizó un relevamiento de funciones y problemáticas específicas de cada departamento de la GDU involucrado en el manejo de información geográfica, los flujos de información interdepartamental y las necesidades o nivel de dependencia respecto de datos generados en otras gerencias del IPDUV, como en otras dependencias del Estado provincial (p.e. Registro de la Propiedad Inmueble).

Los resultados determinaron que para alcanzar los objetivos del Proyecto deberían ser generados tres productos principales:

- » Producto 1: Una Base de Datos Geoespacial Relacional, con datos de todas las entidades utilizadas por la Gerencia en sus tareas habituales, sus relaciones y las reglas de integridad de los mismos.
- » Producto 2: Una herramienta GIS de Escritorio para realizar la edición, consulta y explotación de los datos almacenados en la Base de Datos por parte de los usuarios del DSIG.
- » Producto 3: Una herramienta web de búsqueda y consulta sencilla de los datos almacenados, para ser utilizada por todas las áreas del Instituto.

Etapas de Desarrollo de Productos de Software:

Producto 1 (Base de Datos): a partir de rondas de relevamientos y bosquejos se logró concretar un modelo final de la Base de Datos de la Gerencia (Modelo Entidad-Relación) -figura 1-, consistente en más de 40 tablas y contemplando la georreferenciación e individualización de cada vivienda social construida por el Instituto, permitiendo almacenar información relacionada respecto a:

- ≈ Plan o Programa (origen de fondos).
- ≈ Formas de contratación.
- ≈ Intervención (Obra).
- ≈ Tipo de ejecutores (empresa, cooperativa, otros).
- ≈ Planos de mensura digitalizados.

- ≈ Parcela.
- ≈ Unidad Funcional.
- ≈ Adjudicatario de la vivienda.
- ≈ Situación de dominio.
- ≈Otros.

Además, contempla la carga de información relacionada con expropiaciones de terrenos destinados a la construcción o ejecución de políticas de vivienda social, registro y evaluaciones de terrenos para futuros proyectos, datos relacionados con adjudicaciones, costos, entre otros.

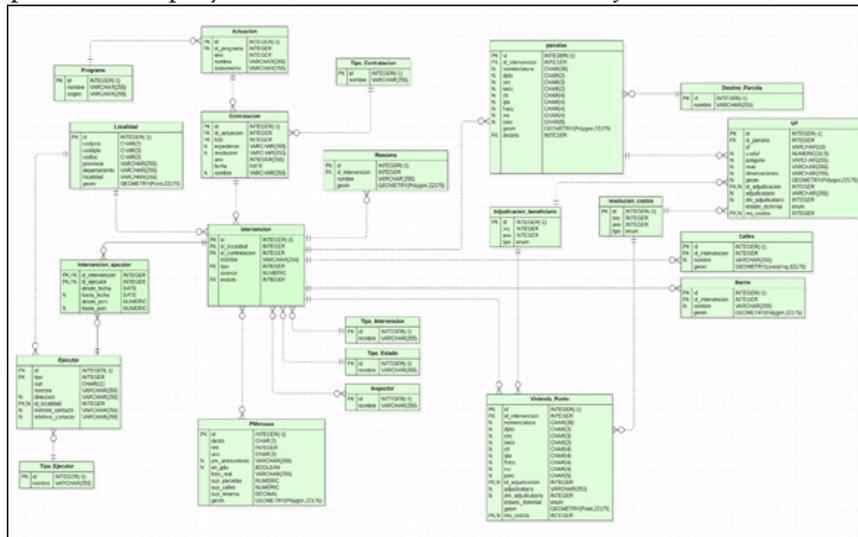


Figura 1. Diagrama de entidad-relación (DER) de la BDRG (parte). Fuente: elaboración del equipo de trabajo UTN en base al diagnóstico de funciones y problemáticas de los departamentos de la GDU

Como herramienta para el desarrollo se utilizaron el Motor de Bases de Datos PostgreSQL² y el módulo PostGIS³ para datos geoespaciales. PostgreSQL es un producto Open Source de larga trayectoria, de estabilidad reconocida, y uno de los primeros en permitir el almacenamiento y consulta de datos espaciales.

La Base de Datos se instaló en un servidor virtual Linux provisto y administrado por la Unidad de Sistemas del IPDUV.

Producto 2 (GIS de Escritorio): diseñada la Base de Datos, se precisaba una herramienta de Escritorio para la edición, consulta, análisis de los datos y generación de mapas impresos.

Para esta tarea se decidió utilizar el software Open Source QGIS⁴. La estrategia definida fue generar un proyecto (archivo.qgz) en QGIS donde estén configurados:

- ≈ Las capas y tablas existentes en la Base de Datos.
- ≈ Relaciones entre dichas tablas para mantener la integridad.
- ≈ Simbología definida para cada capa.
- ≈ Formularios para la edición de datos, diseñados a medida para forzar Reglas de Negocio y mejorar la usabilidad.
- ≈ Automatización de tareas y reglas mediante scripting en el lenguaje de programación Python.
- ≈ Capas de servicios de mapas web (Google, OpenStreetMap, etc.).

De esta manera se pueden integrar las potentes herramientas de edición, visualización, análisis, etc., de QGIS, adaptándolas a la estructura de datos de nuestro Proyecto y a los flujos de trabajo definidos en el mismo -figura 2-.

2 <https://www.postgresql.org/>

3 <https://postgis.net/>

4 <https://qgis.org/es/site/>

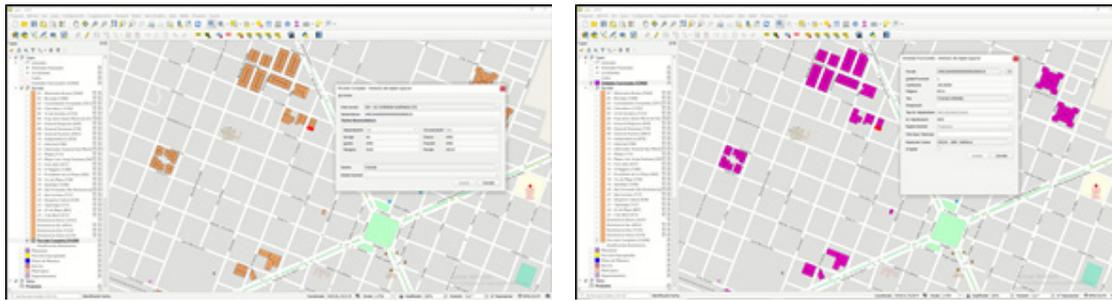


Figura. 2. Interfaz de usuario de la BDG; detalle sobre la localidad de Machagai (Chaco) y ejemplos de formularios

Fuente BDRG de la GDU y OpenStreetMap (OSM)

Producto 3 (Visualizador web): para el requerimiento de compartir la información almacenada en la Base de Datos con otras áreas del IPDUV, se decidió desarrollar una aplicación *web* a medida, con el objetivo de poder compartir la información de manera sencilla, sin necesidad de que el usuario final se viera en obligación de instalar ningún software ni realizar extensas capacitaciones.

La aplicación permite realizar búsquedas por múltiples criterios, consultar información sobre múltiples capas geográficas, generar mapas impresos con los datos del mapa, etc. -Figuras 3 4 y 5-

De esta manera, muchos de los pedidos de información que habitualmente eran resueltos por la Gerencia, están ahora al alcance de todas las áreas del Instituto sin necesidad de mediación de la primera, reduciéndose significativamente los tiempos de respuesta y liberando recursos humanos, que ahora se concentran fundamentalmente en la carga y actualización de los datos.

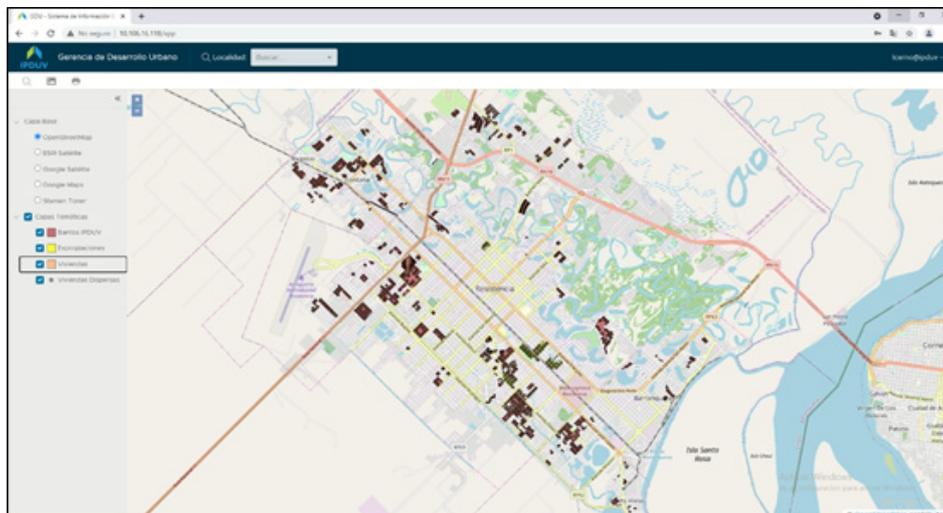


Figura 3. Visualizador web de la GDU (IPDUV); detalle sobre área metropolitana de Resistencia (Chaco)

Fuente BDRG de la GDU y OpenStreetMap (OSM)

El visualizador está desarrollado íntegramente utilizando herramientas Open Source: la librería Javascript de Mapas OpenLayers⁵, el framework Javascript Angular⁶, y el motor Javascript NodeJS⁷.

5 <https://openlayers.org/>

6 <https://angular.io/>

7 <https://nodejs.org/es/>

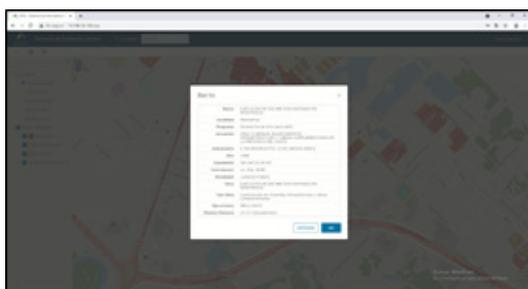


Figura 4. Cuadro de propiedades por capa
Fuente BDRG de la GDU (IPDUV)



Figura 5. Formulario de búsqueda avanzada
Fuente BDRG de la GDU (IPDUV)

Etapa de Capacitación e Implementación:

Con posterioridad al desarrollo de los productos mencionados se dio lugar a una instancia de capacitación en la utilización de los nuevos recursos. La instancia fue fácilmente asimilada por los agentes del DSIG, dada su familiaridad con el tipo de entorno y herramientas. Requirió, sin embargo, mayor profundización con agentes de departamentos con escasa o sin experiencia de trabajo en el entorno QGIS, y que a partir de la implementación deberían dedicar parte de su actividad laboral a la carga o migración de sus datos a la nueva Base de Datos Geoespacial.

Las actividades de capacitación se desarrollaron a lo largo de dos meses en instancias periódicas y fueron coordinadas por integrantes del equipo de la UTN. Una vez fortalecida la capacidad de los agentes de la GDU y consolidado el proceso de migración y carga de datos en la BDRG se procedió a su presentación a las demás áreas y a la Presidencia del IPDUV.

RESULTADOS Y PROYECCIONES

A la fecha la GDU cuenta con un SIG Organizacional operativo, multiusuario, integralmente desarrollado con *software* de licencia libre y gratuita, completamente funcional, escalable y adaptable a las necesidades de la Gerencia y las del IPDUV.

Al mes de junio de 2021, la Base de Datos Relacional Geográfica cuenta con más de 53.000 registros parcelarios, más de 52.000 unidades funcionales, de las que cerca de 7.000 ya incorporan estados de dominio. Lo anterior, se ajusta a una correcta relación con cerca de 1.200 intervenciones (obras) y más 1.000 contrataciones correspondientes a 50 planes o programas de vivienda pública en todo el territorio provincial. En todos los casos se está llevando a cabo la carga de los ejecutores correspondientes, sean empresas o cooperativas de trabajo del ámbito de la construcción.

También se cuenta con la incorporación de más de 100 terrenos propiedad del IPDUV en la misma base, incluyendo información relacionada con estudios de factibilidad física y dominial de los mismos, lo cual representa un importante paso en la integralidad de la gestión del banco de tierras del Instituto, fundamental para planificar futuros desarrollos y actuaciones en el territorio.

Si bien aún resta la incorporación de unidades funcionales constituidas en intervenciones de propiedad horizontal, la base cuenta con los requerimientos pertinentes de relación integrada, dada la previsión en el diseño del desarrollo.

La potencialidad demostrada por estos instrumentos, al interior de la GDU como al IPDUV, ha significado su rápida aceptación e incorporación en mayores flujos de trabajo, lo que se espera pueda redundar en una aún mayor integración de datos generados en otras áreas, y que a la postre se consiga avanzar hacia una gestión integral de la información de viviendas de promoción pública en la provincia de Chaco.

REFERENCIAS

Caloni, N. y Miraglia, M. (2015). Creación de una Infraestructura de Datos Espaciales para el conurbano bonaerense (pp. 247-261). En M. Miraglia, N. Caloni y G. Buzai (eds.) *Sistemas de Información Geográfica*

fica en la investigación científica actual. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.

González Thomas, E.; Araujo Frisone, D. y Beveraggi, M. (2005). Utilización de SIG como herramienta en los procesos de intervención urbana. *Geográfica Digital*, 2(3), 1-10. Recuperado de <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/geo/article/view/2653/2351>

Juárez, A. y Deluca, V. (2015). Avances técnico-metodológicos en los geoservicios del LABSIG-UNGS (pp. 263-265). En M. Miraglia, N. Caloni y G. Buzai (eds.) *Sistemas de Información Geográfica en la investigación científica actual*. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.

Julio, Y.R. (2014). Bases de datos geográficas y Autocorrelación espacial para identificar patrones de distribuciones espaciales. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 2(1).

GENERACIÓN DE UN MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM) MEDIANTE INTERFEROMETRÍA DE DATOS SAOCOM-1A PARA UN SECTOR DE DUNAS EN EL LITORAL ATLÁNTICO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

Pedro Garzo

Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCC - UNMDP/CIC). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Santiago Ariel Seppi

Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich, Córdoba, Argentina

Leonardo Sánchez Caro

Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE - UNLP) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

RESUMEN

La barrera medanosa oriental es un sector de la costa atlántica bonaerense caracterizado por los depósitos de dunas y playas de hasta cinco kilómetros de ancho. Estas geoformas se caracterizan por acumular la lente de agua que representa el principal recurso hídrico de muchos municipios costeros. Cerca de la quinta parte de estos ambientes presentan alguna figura de conservación, siendo los únicos remanentes con un bajo nivel de transformación antrópica. Las reservas ubicadas en los partidos de Mar Chiquita y Villa Gesell son dos de las más importantes. El objetivo de este trabajo fue utilizar métodos de interferometría de radar para la generación de un modelo digital de elevaciones a partir de datos de un satélite argentino para dicha zona. Se obtuvieron seis productos de distinta precisión de acuerdo al procesamiento y las correcciones realizadas. Se espera que los resultados de este trabajo puedan servir como insumo para el manejo y la gestión de las áreas de reserva en ambientes costero-marinos bonaerenses.

Palabras clave: Interferometría; Ambiente costero; SAOCOM-1; Áreas protegidas

INTRODUCCIÓN

El litoral atlántico de la provincia de Buenos Aires abarca una franja de casi 1.300 km de longitud que bordea al Mar Argentino. Desde Punta Rasa (partido de La Costa) hasta la desembocadura del estuario de Bahía Blanca, abundan depósitos de dunas y playa, que ocupan un ancho de costa variable de hasta 5 km. Entre los municipios de Mar Chiquita y Miramar, afloran rocas cuarcíticas de la prolongación del sistema de sierras de Tandil y dan paso a una costa de acantilados erosionables (Isla et al., 2001), que interrumpen la continuidad de la barrera medanosa. De esta manera quedan delimitadas la *barrera medanosa oriental*, desde Punta Rasa hasta Mar Chiquita y la *barrera medanosa austral* entre Miramar y Pehuen-Có (Isla, 2017) (figura 1). Estas geoformas se caracterizan por presentar en su interior la lente de agua que constituye el principal recurso hidrogeológico de los municipios costeros (Carretero y Kruse, 2014).

La barrera medanosa oriental es un sector costero desarrollado con posterioridad a la fluctuación holocena del nivel del mar. En su extremo sur, entre los partidos de Villa Gesell y

Mar Chiquita (figura 1) presenta playas abiertas, de arena, con olas de moderada energía y esencialmente micromareales (amplitud de marea menor a 2 m). Hacia el continente, se desarrollan campos de morfología variable (Isla, 1997; 2017).

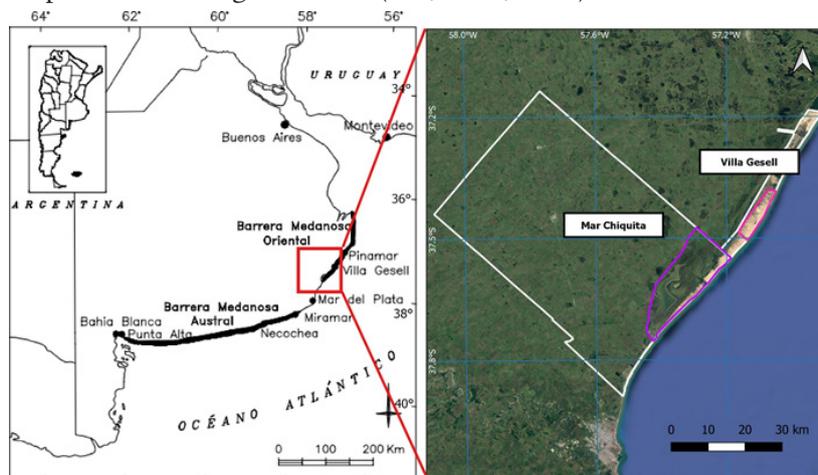


Figura 1. Izquierda: ubicación de las barreras medanosas de la provincia de Buenos Aires; Derecha: detalle de los partidos de Villa Gesell y Mar Chiquita y ubicación de las reservas Faro Querandí y Parque Atlántico Mar Chiquito
Fuente: Modificado de Turno Orellano et al. (2003)

En la barrera medanosa oriental, las áreas protegidas constituyen aproximadamente el 20,6% de la superficie total del cordón dunícola y aparecen como los únicos remanentes de ambientes naturales con bajo nivel de transformación antrópica (Celsi et al., 2015). En los municipios mencionados se encuentran dos importantes reservas: la Reserva Natural Municipal “Faro Querandí” (RFQ) y la Reserva de Biosfera “Parque Atlántico Mar Chiquito” (RPAMC). La primera, creada en 1996, se ubica en la zona sur del partido de Villa Gesell, con una extensión de más de 5.700 hectáreas (figura 1) (Celsi et al., 2016). La segunda, incluida en el programa MAB y la Red Mundial de Reservas de Biosfera de la UNESCO desde el año 1996 y declarada Reserva Natural Provincial de Uso Múltiple desde 1999, presenta una superficie de aproximadamente 26.500 hectáreas en el noreste del partido de Mar Chiquita. Incluye como rasgo característico a la albufera homónima y al sector terminal de la barrera medanosa oriental (figura 1) (Bertoni et al., 2007). Entre ambas reservas se encuentra un sector de 6,5 km de dunas costeras que corresponden a terrenos privados y no revisten categoría de conservación alguna.

Dentro de las herramientas de teledetección, los radares de apertura sintética (SARs) han sido ampliamente utilizados en el campo del mapeo geológico y ambiental con aplicaciones para la hidrología, ecología, glaciología y geomorfología. La interferometría de Radar (o InSAR por sus siglas en inglés) es una de las técnicas más desarrolladas dentro de las aplicaciones de radar, y se basa en medir el diferencial de fase entre dos imágenes SAR complejas, adquiridas en diferentes posiciones orbitales y/o en diferentes momentos temporales (Evans et al., 1992). La puesta en órbita del Satélite Argentino de Observación con Microondas (SAOCOM-1A) en el año 2018 ha generado nueva disponibilidad de datos para este tipo de estudios en nuestro país.

Para llevar adelante un procesamiento de InSAR se deben tener en cuenta dos parámetros respecto de la adquisición de las imágenes que forman los pares interferométricos. El primero de ellos, la *línea de base perpendicular* (Bperp), es la distancia perpendicular a la dirección de mirada entre la posición del sensor al momento de adquisición de las imágenes. La segunda de ellas, la *línea de base temporal*, es la separación cronológica entre ambas adquisiciones (Btemp). De esta manera, descartando los retardos que puede sufrir la señal por la propagación atmosférica, el procesamiento InSAR permite estimar las diferencias en el rango recorrido por la señal de cada adquisición o imagen SAR (Henderson y Lewis, 1998). Estas diferencias permiten estimar la altura de ambigüedad, la cual indica la sensibilidad de la fase interferométrica para medir elevaciones topográficas y está condicionada por las Bperp y Btemp (Hanssen, 2001).

El objetivo del presente trabajo es generar un DEM mediante interferometría de imágenes SAR del satélite argentino SAOCOM-1A para el sector de la barrera medanosa oriental comprendido entre la RFQ y la RPAMC. Los terrenos privados ubicados entre ambas reservas y las áreas protegidas, dada su categoría de conservación, presentan actividades turísticas, el establecimiento de poblaciones permanentes y el desarrollo de prácticas agro-ganaderas y forestales. Por este motivo, se espera que los resultados de este trabajo sirvan como base para abordar diversas problemáticas ambientales tales como el manejo de los recursos hídricos y el monitoreo de la dinámica playa-medanos de la zona, así como contribuir al desarrollo de planes de manejo y gestión de las áreas protegidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se delimitó como área de estudio al sector comprendido dentro de la barrera medanosa oriental que abarca a la RFQ, la RPAMC y los terrenos privados ubicados entre ambas áreas protegidas (figura 2).

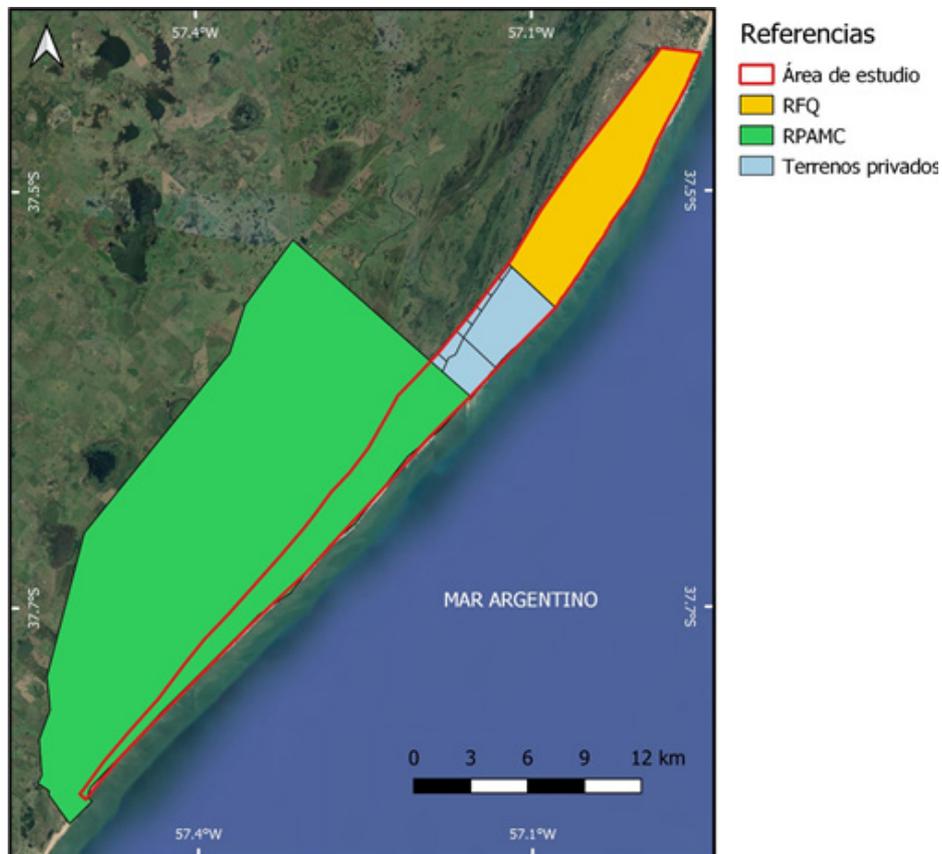


Figura 2. Área de estudio, ubicada en el sector final de la barrera medanosa oriental
Fuente: elaboración personal

Datos satelitales

Para este trabajo se emplearon tres imágenes SAOCOM-1A adquiridas sobre la zona de estudio (MCTI, 2021), atendiendo a la configuración geométrica que requieren las imágenes para realizar estudios INSAR (tabla 1). Las mismas corresponden al Path 33 y Row 387. A partir de estas, se formaron tres pares interferométricos que se describen en la tabla 2. Estas escenas corresponden al modo Stripmap (aproximadamente 10 metros de resolución espacial) y contienen información polarimétrica en los canales HH, HV, VH y VV, de los cuales para este trabajo fueron procesados los pares HH y VV.

Fecha de adquisición	Órbita	Sub-modo	Path-Row
14-10-2020	Ascendente	S4QP	33-387
02-01-2021	Ascendente	S4QP	33-387
08-04-2021	Ascendente	S4QP	33-387

Tabla 1. Imágenes utilizadas en el estudio

Par	Fecha 1	Fecha 2	Bp (m)	Btemp (d)
1	14-10-2020	02-01-2021	809	80
2	14-10-2020	08-04-2021	1679	176
3	02-01-2021	08-04-2021	869	96

Tabla 2. Pares interferométricos formados. Bp se refiere a la línea de base perpendicular (en metros) y Btemp a la línea de base temporal (en días)

Procesamiento interferométrico

Los pares descritos se procesaron siguiendo el flujo interferométrico clásico, pero se agregó un paso para corregir o compensar los errores orbitales que se encuentran presentes en algunas adquisiciones de SAOCOM-1A (figura 3), basándose en el método propuesto por Pepe et al., (2011).

Luego del correccionamiento de las imágenes se obtuvieron los mapas de coherencia, a partir de los cuales se generó una máscara con un umbral de 0,2 en valores de coherencia. La misma fue utilizada para filtrar aquellos píxeles con alto grado de decorrelación en el DEM obtenido del procesamiento interferométrico. Este último producto filtrado fue convertido de alturas elipsoidales a cotas mediante la resta de la ondulación del geoide estimada por el modelo GEOIDE-Ar16 del Instituto Geográfico Nacional (Piñon et al., 2017).

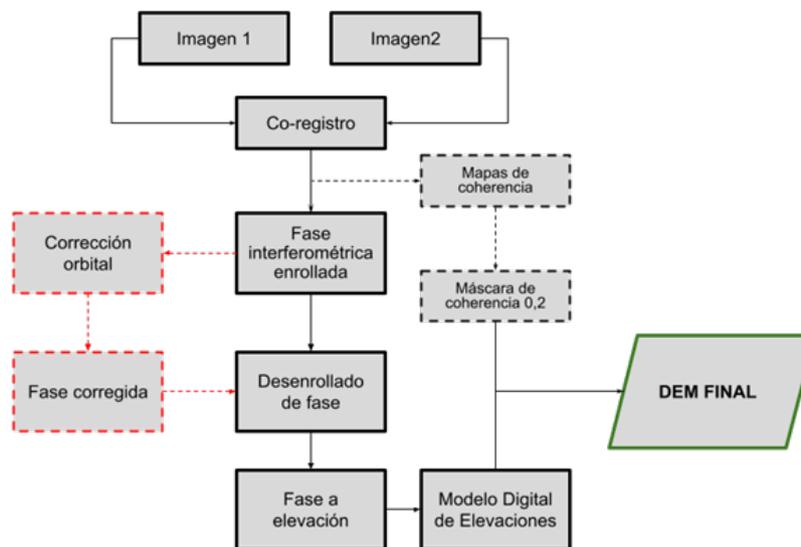


Figura 3. Flujo de procesamiento interferométrico
Fuente: elaboración personal

Por último, se estimó la raíz del error cuadrático medio (RMSE) de cada DEM según:

$$RMSE = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^5 (p_i - p_d)^2 \right] / 5}$$

Donde pi es la cota en metros del punto de referencia y pd es la cota en metros del DEM generado. Para este trabajo se utilizaron cinco puntos de referencia: cuatro de ellos correspondientes a la red de nivelación topográfica del IGN (Guagni, 2015) y el restante correspondiente a un punto de altura conocida a partir de relevamientos a campo dentro de la RFQ.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron seis Modelos Digitales de Elevación como productos del procesamiento interferométrico; dos por cada canal polarimétrico procesado, a partir de los tres pares definidos (tabla 2).

Al analizar el RMSE estimado para cada DEM, este disminuye sensiblemente con la aplicación del corrector orbital en todos los casos (tabla 3). Resulta evidente la necesidad de aplicar esta corrección para obtener mejores estimaciones de altura. El mayor efecto de la corrección orbital se observa en los canales HH y VV del Par 3, que muestran una disminución de RMSE de 14,261 a 3,146 m y de 15,406 a 2,332 m, respectivamente. De esta forma, el Par 3 presenta el menor RMSE corregido. Los mayores valores de RMSE corregido pertenecen al Par 1; mientras que el Par 2 arrojó resultados intermedios.

Canal	Par	Fecha 1	Fecha 2	RMSE (m)	RMSE* (m)
HH	1	14-10-2020	02-01-2021	11,707	8,716
VV	1	14-10-2020	02-01-2021	11,243	9,68
HH	2	14-10-2020	08-04-2021	6,942	5,736
VV	2	14-10-2020	08-04-2021	6,41	5,157
HH	3	02-01-2021	08-04-2021	14,261	3,146
VV	3	02-01-2021	08-04-2021	15,406	2,332

Tabla 3. Error cuadrático medio estimado para los DEMs obtenidos. RMSE = error cuadrático sin aplicar correcciones orbitales. RMSE* = error cuadrático luego de aplicar las correcciones

El otro criterio utilizado para evaluar el desempeño de los distintos DEMs generados, fueron los mapas de coherencia (figura 4). Se estimaron los valores medios de coherencia para cada DEM a partir de estadísticas zonales, considerando la superficie total del DEM o únicamente la zona correspondiente a la barrera medanosa (tabla 4). La coherencia total fue mejor en los Pares 1 y 3, respecto del Par 2. En todos los casos, la coherencia disminuyó al considerar solo el área de estudio; no obstante, se mantuvo la condición de mayor coherencia en los Pares 1 y 3 respecto del Par 2. Esto subraya la necesidad de disminuir el *baseline* temporal de los pares interferométricos para obtener mejores resultados en el co-registro de las imágenes: el Par 2 posee un *baseline* temporal de 176 días, aproximadamente el doble respecto de los otros pares. Entre los Pares 1 y 3, el Par 1 mostró una coherencia ligeramente superior, de 0,312 y 0,313, frente a los valores de 0,290 y 0,292 del Par 3.

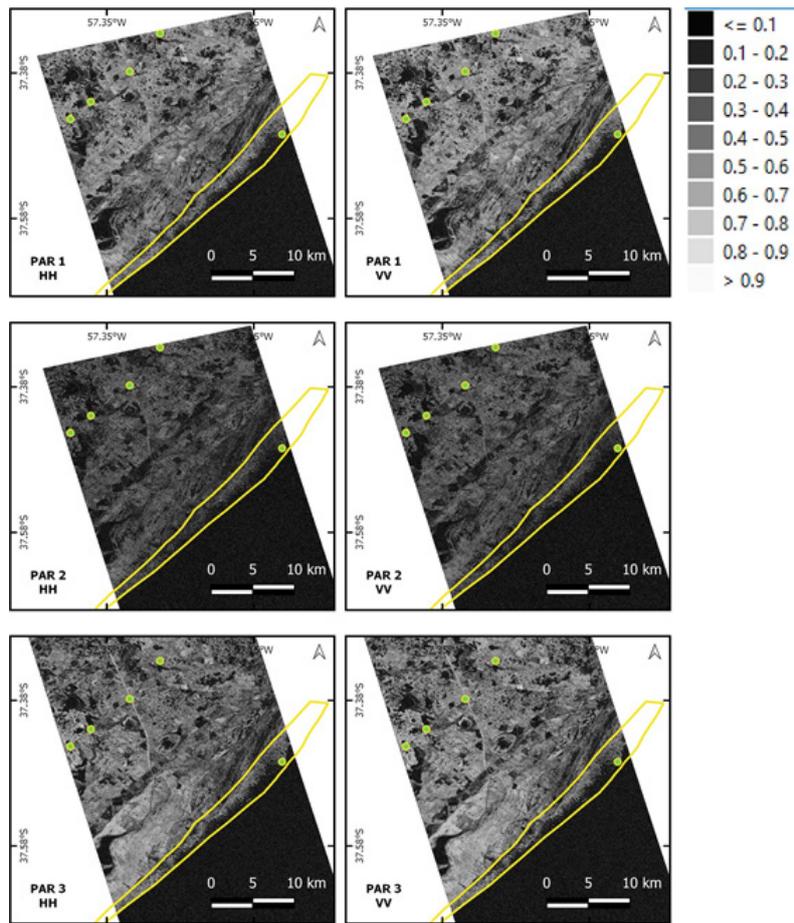


Figura 4. Mapas de coherencia para las seis imágenes procesadas. En verde se destacan los puntos de puntos de referencia y en amarillo el área de estudio

Canal	Par	Fecha 1	Fecha 2	coh_tot	std_coh_tot	coh_costa	std_coh_costa
HH	1	14-10-2020	02-01-2021	0,398	0,173	0,312	0,172
VV	1	14-10-2020	02-01-2021	0,419	0,186	0,313	0,176
HH	2	14-10-2020	08-04-2021	0,256	0,117	0,201	0,112
VV	2	14-10-2020	08-04-2021	0,273	0,124	0,203	0,113
HH	3	02-01-2021	08-04-2021	0,383	0,169	0,290	0,166
VV	3	02-01-2021	08-04-2021	0,409	0,182	0,292	0,170

Tabla 4. Coherencia promedio y desvío estándar estimados para cada par interferométrico. coh_tot = coherencia promedio de la imagen completa (sin océano). coh_costa = coherencia promedio para el área de estudio. std = desvío estándar

La figura 5 muestra los seis DEMs en alturas de cotas, obtenidos luego de la aplicación de la máscara de coherencia 0,2 y la resta del modelo geoidal. Dado que la coherencia fue mayor para los Pares 1 y 3, estos muestran una mayor cobertura del área de estudio. Los DEMs correspondientes al Par 2 prácticamente no contienen píxeles con coherencia mayor a 0,2 en la barrera medanosa.

Combinando los criterios del RMSE corregido y coherencia promedio en el área de estudio, los DEMs del Par 3 mostraron los mejores resultados. Si bien la coherencia promedio es ligeramente superior para el Par 1, ambos canales de dicho par presentan un ECM corregido superior al de los canales del Par 3.

Los DEMs del Par 3 representan una actualización, así como una mejoría en la resolución espacial, respecto de los DEMs existentes para la zona (MDE-Ar 2.0; SRTM, ALOS); de esta manera, constituyen un producto de valor para el monitoreo de las reservas en el área de estudio. En el futuro, se espera contar con adquisiciones que permitan no solo realizar un seguimiento temporal de la topografía de la zona, sino también disminuir el *baseline* temporal para mejorar la calidad de los resultados obtenidos.

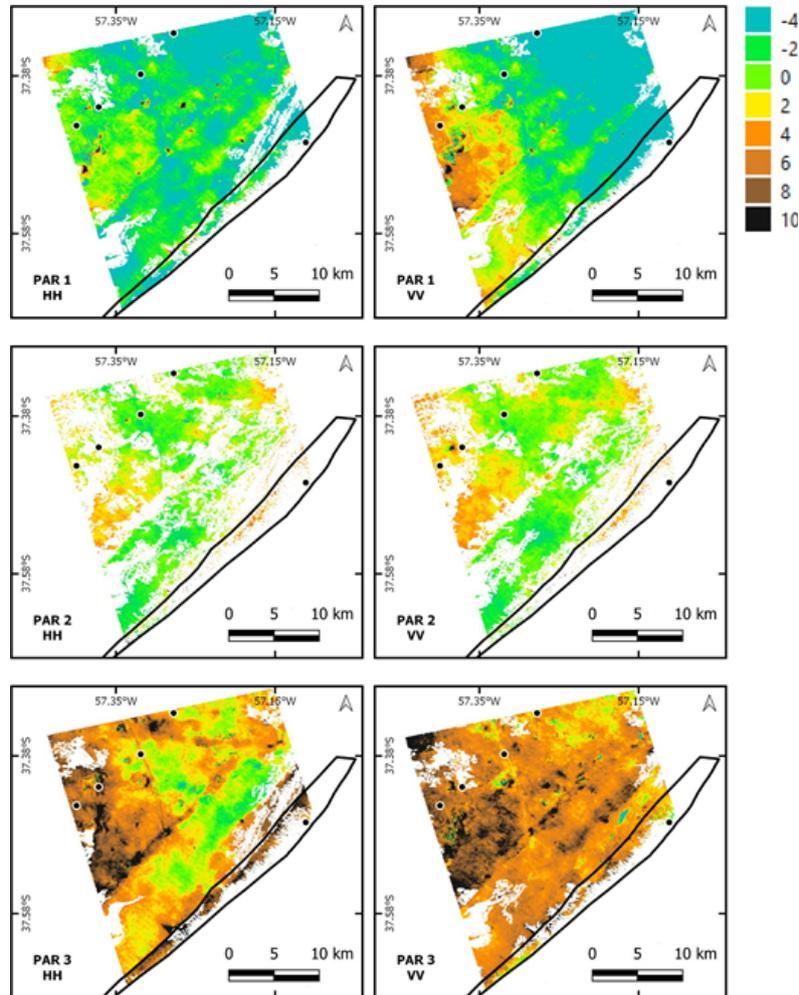


Figura 5. DEMs obtenidos a partir del procesamiento interferométrico. La escala expresa alturas de cota [m]. En negro los puntos de referencia en el terreno y la zona de estudio

CONCLUSIONES

- » Se obtuvieron una serie de DEMs de un sector costero de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, mediante interferometría de SAR, y a partir de datos SAOCOM-1A adquiridos durante los años 2020 y 2021.
- » El procesamiento incluyó la generación de DEMs mediante InSAR, la aplicación correcciones orbitales para disminuir las estimaciones de RMSE, el enmascarado de valores de coherencia por debajo de un umbral de 0,2 y la conversión de alturas elipsoidales a alturas de cota.
- » El corrector orbital aplicado mejoró significativamente la precisión de los DEMs generados, con valores estimados de RMSE menores a 3 m para el Par 3 VV.
- » Se obtuvo, finalmente, un DEM con mejor resolución espacial que SRTM y MDE-Ar 2.0 y actualizado a partir de adquisiciones SAR de 2020-2021.

- » Si bien al aplicar el enmascaramiento de coherencia a los productos obtenidos se eliminaron píxeles en la zona costera, los pares 1 y 3 presentaron una diferencia sustantiva respecto del par 2. Esto refuerza la importancia de disminuir la baseline temporal de los pares interferométricos.
- » En base a los resultados, se solicitaran nuevas adquisiciones de productos SAOCOM que permitan mejores procesamientos interferométricos a partir de la reducción del baseline temporal de los pares.
- » Se espera que los resultados del presente trabajo, así como posteriores avances, sirvan de línea de base para la conservación y el manejo de la Reserva Faro Querandí y la Reserva de Biosfera Parque Atlántico Mar Chiquito.

REFERENCIAS

- Bertoni, M.; Volpato, G.; López, M.J. y González, M.G. (2007). Reserva de Biosfera. Parque Atlántico Mar Chiquito. *Revista FACES*, 28, 35-49.
- Carretero, S. y Kruse, E. (2014). Impacto de la urbanización en la infiltración en un área costera, Argentina. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(6), 5-24.
- Celsi, C.E.; Cenizo, M.; Sotelo, M.; Salas, R. y Athor, J. (2016). Las áreas naturales protegidas de la costa bonaerense (pp. 487-527). En *La costa atlántica de Buenos Aires: naturaleza y patrimonio cultural*. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Celsi, C.E.; Cenizo, M. y Kacoliris, F. (2015). Contribución de las Áreas Protegidas Costeras a la conservación de las dunas pampeanas: estado de situación. *Actas I Jornadas Bonaerenses sobre Conservación de Ambientes y Patrimonio Costero*. Monte Hermoso, Buenos Aires.
- Evans, D.L.; Farr, T.G.; Zebker, H.A.; Van Zyl, J.J. y Mouginis-Mark, P. J. (1992). Radar interferometry studies of the Earth's topography. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 73(52), 553-558.
- Guagni, H.J. (2015). Avances y situación actual de la Red de Nivelación Argentina (RN - Ar). *Simposio SIRGAS 2015*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Hanssen, R.F. (2001). *Radar interferometry: data interpretation and error analysis* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Henderson, F.M. y Lewis, A.J. (1998). *Principles and applications of imaging radar*. Manual of remote sensing: Volume 2.
- Isla, F.I.; Cortizo, L.C. y Turno Orellano, H.A. (2001). Dinámica y evolución de las barreras medianosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2(1).
- Isla, F.I. (1997). Procesos de canibalización de la barrera medianosa entre Faro Querandí y Mar Chiquita, Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52(4), 539-548.
- Isla, F.I. (2013). From touristic villages to coastal cities: The costs of the big step in Buenos Aires. *Ocean & coastal management*, 77, 59-65.
- Isla, F.I. (2017). Coastal barriers from Argentina: Buenos Aires, Patagonia and Tierra del Fuego. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 8(1), pp- 1-9.
- MCTI - Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación (2021). Catálogo SAOCOM - Manual de Usuario. Recuperado de <https://catalogos.conae.gov.ar/catalogo/catalogoSatSaocomDocs.html> (última visita: 8/6/2021).
- Pepe, A.; Bernardino, P.; Bonano, M.; Euillades, L.; Lanari, R. y Sansosti, E. (2011). SBAS-based satellite orbit correction for the generation of DInSAR time-series: Application to RADARSAT-1 data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(12), 5150-5165.
- Piñón, D.A.; Zhang, K.; Wu, S. y Cimbaro, S.R. (2017). A new argentinean gravimetric geoid model: GEOIDEAR. In *International Symposium on Earth and Environmental Sciences for Future Generations* (pp. 53-62). Springer, Cham.
- Turno Orellano, H.A.; Isla, F.I. y Juárez, V.I. (2003). Implementación de un SIG en la evaluación de la aptitud para prácticas forestales en el litoral bonaerense. *Boletim Paranaense de Geociências*, 53.

LAS POTENCIALIDADES DE LOS DATOS GEOESPACIALES PARA LA VISUALIZACIÓN DE PROCESOS EN EL ESPACIO Y TIEMPO: LAS IDE

Daila Pombo

Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional de La Pampa

Juan Pablo Bossa

Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional de La Pampa

RESUMEN

En este mundo actual globalizado, las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) permiten a cada ciudadano acceder a datos, productos y servicios geoespaciales, los cuales se encuentran publicados en internet bajo estándares y normas definidos. Se pretende dar respuesta a la necesidad de disponer de información confiable, actualizada y de fácil acceso para diferentes usuarios intentando, a través de nuestro nodo IDEIGUNLPam, gestionar el conocimiento geográfico y satelital de la provincia de La Pampa, a través de una herramienta interactiva y permanente que permita analizar, explicar e interpretar la realidad socioterritorial de la provincia y sus diversas desigualdades. Se cree y se está sumamente confiado que la información geográfica (IG) es un bien público, y el acceso, al igual que su uso, debe ser considerado como un servicio público; de esta manera es que dentro de los objetivos establecidos se promueve el acceso de la información a cada ciudadano.

Palabras clave: Infraestructura de Datos Espaciales (IDE); Análisis espacial; Ciudadanía; Datos geoespaciales

INTRODUCCIÓN

La información geográfica (IG) es vital para tomar decisiones a escala global, regional y local. Soluciones en el desarrollo empresarial, la reducción en el daño por inundaciones, el ordenamiento territorial, las valoraciones de terrenos de uso comunitario y la recuperación después de desastres, pronosticar posibles brotes de virus y mapear epidemias, son solo algunos ejemplos de las áreas en las que los encargados de tomar decisiones oportunas pueden beneficiarse de esta información junto con las infraestructuras asociadas (es decir, la Infraestructuras de Datos Espaciales, IDE) que requieren de una gran cantidad de datos y categorizaciones que solo pueden compartirse a través del apoyo de robustas y sofisticadas tecnologías.

Determinados programas y proyectos internacionales, regionales y nacionales están intentando mejorar el acceso a los datos espaciales disponibles, promoviendo su reutilización y asegurándose de que la inversión adicional en la obtención y tratamiento de esta se concrete en un sistema de información que crezca continuamente y que esté disponible y sea utilizable con facilidad.

Así ocurre con muchas iniciativas, como por ejemplo la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Instituto de Geografía de la Facultad de Ciencias Humanas de la UNLPam que tiene sus orígenes en el Proyecto de Investigación *Atlas geográfico y satelital de la provincia de La Pampa*, el cual planteaba varios objetivos como por ejemplo, caracterizar e integrar espacialmente datos gráficos y alfanuméricos de diferentes temáticas de la provincia, disponer de información actualizada, confiable y de fácil acceso para diferentes usuarios y por su supuesto, desarrollar un SIG que permita alcanzar los desafíos, todo ello con el fin de dar soporte a la toma de decisiones.

La información que brinda la IDE se constituye en un elemento preponderante para el desarrollo de los territorios, el uso racional de los recursos, la conservación del medio natural y la calidad de vida de las sociedades, principalmente para el desarrollo de los territorios y poder estar al servicio de la comunidad.

De esta manera, a partir de la puesta en marcha de Geonode dentro del servidor de la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional de La Pampa, se pretende generar, a través de un nodo, una base de datos geográficos donde se cumplan cada uno de los estándares establecidos por IDERA; por otra parte, se espera que el nodo IDE se alimente continuamente con Proyectos de Investigación de todos los Institutos, al igual que de la Facultades de la Universidad.

Desde el ámbito nacional, la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA), se establece como una comunidad de información geoespacial cuyo objetivo es propiciar la publicación de datos, productos y servicios, de manera eficiente y oportuna como aporte fundamental a la democratización del acceso de la información producida por el Estado y diversos actores sociales, tanto de los ámbitos público, privado, académico, no gubernamental y sociedad civil. IDERA se encuentra integrada, mediante adhesión voluntaria, por organismos de diferentes jurisdicciones nacionales, provinciales, al igual que municipales, también consejos federales, consejos o colegios profesionales, universidades, organismos no gubernamentales y empresas de todo el país (https://www.idera.gob.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=274&Itemid=203).

La UNLPam se adhirió a IDERA en agosto de 2016 permitiendo que los datos proporcionados por la IDEIGUNLPam puedan ser consultados a través del GeoNode, como así también por medio de Servicio de Mapas Web (WMS).

GeoNode se presenta como un sistema (código abierto) de gestión de contenido geoespacial; una plataforma donde se establece la gestión y publicación de datos geoespaciales, permitiendo de tal manera, que diversos usuarios puedan nutrirse de datos y mapas interactivos. A su vez, GeoNode cuenta con ciertas herramientas que permiten la creación integrada de datos, metadatos y visualización de mapas (<https://geonode.org/>).

El objetivo de este trabajo es mostrar como las IDEs y en particular la IDE del Instituto de Geografía, como herramienta geoespacial, permite gestionar el conocimiento geográfico y satelital, estableciendo análisis, explicaciones e interpretaciones de la realidad socioterritorial de La Pampa y sus desigualdades.

En este trabajo se intenta resaltar la relevancia que posee la IDEIGUNLPam como herramienta al servicio de la comunidad, en tanto elemento indispensable para el desarrollo económico y social de la provincia, en tanto que brinda información cartográfica y geográfica plausible de ser utilizada para propósitos de desarrollo legislativo y de política, en la administración de tierras y de los recursos naturales, para la defensa y seguridad pública, como soporte de actividades reguladoras y en la promoción del entendimiento de la geografía física, económica y social provincial.

Teniendo en cuenta estos planteos se espera que la IDEIGUNLPam se convierta en un recurso interactivo que permita analizar, explicar e interpretar la realidad socioterritorial de la provincia y sus desigualdades, a partir del empleo de la cartografía dinámica y de un visualizador de datos geoespaciales, todo ello con el fin de dar soporte a la toma de decisiones y al servicio de la comunidad toda, visualizando los beneficios de poseer una IDE desde el ámbito universitario.

LAS IDE AL SERVICIO DE LA COMUNIDAD

Las IDEs se convierten en elementos imprescindibles para el desarrollo del país ya que brindan información cartográfica, catastral y geográfica de precisión, estableciéndose la IDEIGUNLPam como Geoservicio a la comunidad, en tanto elemento indispensable para el desarrollo económico y social de la provincia, ya que constituyen información geográfica plausible de ser utilizada para diferentes propósitos mejorando las capacidades para la utilización de información geográfica (IG) con el fin de apoyar el proceso de toma de decisiones en sus diferentes esferas, ya que la mayoría de las cuestiones a tratar cotidianamente tienen una componente espacial.

Ante un evento puntual, generalmente extraordinario y que exige soluciones inmediatas, disponer de IG concentrada en una IDE permite la adecuada planificación, ordenamiento y puesta en marcha de políticas en pos de la resolución del conflicto, integrando y combinando información producida en distintas organizaciones.

Algunos de los ejemplos que se pueden encontrar en la IDE del Instituto de Geografía, puede ser la evolución de los cuerpos de agua en el noreste de la provincia, o bien, de los incendios acaecidos en la temporada estival de los últimos años, disponiendo de IG integrada en la IDE

se puede dar soporte a la toma de decisiones en varios aspectos de diversas problemáticas.

El conocimiento del territorio se ha convertido en una prioridad para los gobiernos en su función de brindar seguridad, bienestar y progreso, por lo que las Infraestructuras de Datos Espaciales constituyen una plataforma para impulsar este desarrollo (Delgado Fernández y Cromptoets, 2007, p. 7)

Otro ejemplo, es la utilización principalmente para localizar y estimar el grado de deforestación y sus efectos en los ecosistemas forestales, principalmente en aquellos más aislados, pudiéndose simular situaciones de riesgo para ver como evolucionarían hipotéticamente, y poder estimar sus consecuencias y determinar medidas de restauración.

Asimismo, es importante aprovechar la Geografía para gestionar, analizar y utilizar los datos espaciales de manera eficiente al planificar, monitorear y evaluar los programas del sector salud utilizando los datos espaciales para mejorar el proceso de toma de decisiones con el fin de establecer programas de salud en lugares con recursos limitados.

Desde el año 2020, con el evento sanitario que está atravesando el mundo y Argentina, el objetivo que persigue la IDE del Instituto de Geografía (figura 1) es optimizar el análisis exploratorio de datos espaciales de la pandemia realizando un tratamiento específico de los datos espaciales o geográficos. Asimismo, explicar por medio de la cartografía disponible por qué en la provincia de La Pampa se propagó tardíamente el virus COVID-19, que afectó al mundo como a otras provincias argentinas, tendientes a favorecer el monitoreo sanitario y el desarrollo de acciones que acompañen el proceso de toma de decisión orientados a su seguimiento y control.

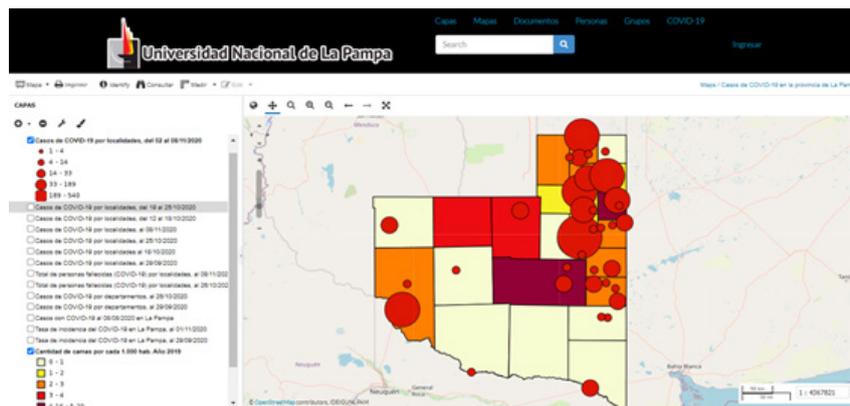


Figura 1. Visualización del mapa de seguimiento del COVID-19 en La Pampa

Fuente: <http://ideigunlpam.humanas.unlpam.edu.ar/maps/190/view>

En este caso, el mapeo de diferentes capas de datos permite demostrar los factores probables que crean las condiciones de propagación del virus. Además, de determinar qué departamentos de la provincia poseen una vulnerabilidad mayor o menor de afectación al virus.

En ese contexto, observar e interpretar además el comportamiento de una pandemia en un recorte territorial acotado como es una provincia, favorece la construcción de narrativas locales contextualizadas. “Esta contextualización permite discutir una enfermedad en sus múltiples dimensiones y, de ese modo, intentar acercarse a lo que podría calificarse como historias con vocación de totalidad respecto de una cierta enfermedad en un lugar y tiempo determinados” (Armus, 2018, p. 32).

En este sentido, disponer de una IDE, sustentada en una base de datos georreferenciada por medio de un sistema de información geográfica (SIG), que concentre y visualice información sanitaria y socioeconómica sobre aquellos departamentos y gobiernos locales afectados por COVID-19, permitirá continuar avanzando en comprender el comportamiento de la pandemia. Esta base de datos, junto con los mapas web, son una herramienta que permite observar la evolución diaria y semanal de la pandemia desde distintos aspectos. De este modo, la información de base puede ser analizada de manera contextualizada al

disponerse de información cuali-cuantitativa de los gobiernos locales, lo cual podrá favorecer la implementación de medidas sanitarias focalizadas. Este análisis se utiliza para identificar relaciones sistemáticas entre variables, en este caso, variables consideradas fundamentales para el análisis de las potencialidades y debilidades de los factores de salud distribuidos en el territorio pampeano.

En definitiva, se llega a espacializar la información geográfica relacionada con los procesos, dinámicas, problemáticas y potencialidades de los diversos espacios de la provincia para su desarrollo a diferentes escalas y brindando soporte para la toma de decisiones, convirtiéndose los mapas en una herramienta de comunicación de gran eficacia con los que el ciudadano común, no ya solo el técnico, se encuentra altamente familiarizado.

CONCLUSIONES

El lenguaje cartográfico permite desarrollar la curiosidad, plantear la solución de problemas espaciales, correlacionar la información cartográfica con la realidad, pensar de forma integrada y localizar la información necesaria para transformarla en un conocimiento útil, crítico, válido y aplicado que pueda ser trasladado a la vida cotidiana. Es por lo que la aplicación de las herramientas que incluyen los SIG se presenta con un desarrollo progresivo en el Instituto de Geografía de la Facultad de Ciencias Humanas de la UNLPam.

Hace varios años se toma conciencia sobre el desconocimiento de los datos disponibles, su origen y características, el lugar donde se pueden conseguir y cómo, la falta de cooperación entre jurisdicciones del mismo gobierno, la falta de recursos tecnológicos y humanos, y más aún, la carencia total de protocolos y estándares para el tratamiento de este tipo de información, lo que en consecuencia se ve traducido en duplicación de esfuerzos, tiempo y costos.

Las IDEs vienen a dar respuesta a esta problemática ya que catalogan y ponen al alcance del público en general toda esta información, coordinando estándares de metadatos, definiendo las referencias espaciales comunes, promoviendo los estándares de interoperabilidad para intercambiar información y proporcionar las herramientas y conocimientos para que, sobre todo desde las administraciones, se ponga al alcance del público la información espacial que se ha ido atesorando.

Una iniciativa de IDE nacional se muestra como la estrategia más conveniente para fomentar alianzas a largo plazo entre diversos sectores, no solamente entre agencias gubernamentales, sino también con el sector privado y las instituciones académicas, para beneficio de todos los que apuestan a ella.

Por otra parte, debe convertirse en una herramienta interactiva y permanente que permita analizar, explicar e interpretar la realidad socioterritorial de la provincia y sus desigualdades, a partir del empleo de la cartografía dinámica y de un visualizador de datos geoespaciales.

En conclusión, con la presente investigación se pretende reivindicar la funcionalidad de la IDEIGUNLPam para el conocimiento general de la disciplina geográfica, sobre todo en lo inherente a la gestión del conocimiento geográfico y satelital de la provincia de La Pampa y el rol que cumple la misma al servicio de la comunidad.

Propiciando por otra parte la divulgación, extensión y transferencia de la IG no solo en los ámbitos académicos sino con en el resto de la comunidad, considerándolas tareas imprescindibles para la visibilización y solución de problemáticas concretas que requieran de una correcta planificación y ordenamiento que propicie el desarrollo de la sociedad.

El desafío clave para la provisión de datos espaciales que tienen todas las IDEs provinciales e institucionales es encontrar una manera eficiente de distribuir datos en un formato tal que sea utilizable para distintas comunidades y usuarios con diferentes necesidades. Se debe compartir información con un criterio inclusivo y cohesionador.

REFERENCIAS

Armus, D. (2018). ¿Qué hacer con la enfermedad en la Historia? Enfoques, problemas, Historiografía. *Investigaciones y Ensayos*, (66), 23-43.

Delgado Fernández, T. y Crompvoets, J. (2007). *Infraestructura de Datos Espaciales en Iberoamérica y el Caribe*. Proyecto CYTED-IDEDES 606PI0294, Evaluación y Potenciación de Infraestructuras de Datos Espaciales para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. Recuperado de http://redgeomatica.rediris.es/idedes/IDEs_en_Iberoamerica.pdf [Consultado 23/07/2020].

IDEIGUNLPam (2020). *Infraestructura de Datos Espaciales del Instituto de Geografía de la UNLPam*. Recuperado de <http://ideigunlpam.humanas.unlpam.edu.ar/layers/?limit=100&offset=0> [Consultado 18/09/2020].

IDERA. *Infraestructura de Datos Espaciales de la Republica Argentina*. Recuperado de https://www.idera.gov.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=274&Itemid=203 [Consultado 27/05/2021].

GEONODE. Recuperado de <https://geonode.org/> [Consultado el 27/05/2021].

DETECCIÓN DE CUERPOS DE AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO SAUCE GRANDE (ARGENTINA) MEDIANTE IMÁGENES SAOCOM

Andrea Brendel

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur (UNS).

Federico Ferrelli

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur (UNS).

María Cintia Piccolo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur (UNS)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue utilizar imágenes del satélite SAOCOM para detectar cuerpos de agua en la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). Se procesaron dos imágenes SAOCOM 1A, del área aledaña al dique Paso de Las Piedras y la laguna Sauce Grande correspondientes a septiembre y diciembre del año 2020, respectivamente. Las imágenes fueron corregidas radiométricamente, se les eliminó el ruido *speckle* y se reproyectaron sobre un modelo de elevación digital. Para detectar el umbral de extracción de los cuerpos de agua, se crearon muestras georeferenciadas denominadas ROIS y se diseñaron los histogramas que permitieron obtener los valores para su discriminación. En ambas imágenes, el coeficiente de retrodispersión osciló entre -40 y -7.5 dB. Sobre el dique Paso de Las Piedras, el coeficiente varió entre -31 y -28 dB, mientras que sobre la laguna Sauce Grande fue entre 32 y -30 dB. El procesamiento de las imágenes SAOCOM permitió detectar, por primera vez, los umbrales necesarios para la detección de cuerpos de agua en el área de estudio. La metodología desarrollada en el presente trabajo podría aplicarse de manera eficaz en otras regiones, dado que se determinó la respuesta de los cuerpos de agua con las imágenes de radar que operan en banda L.

Palabras clave: Banda L; Recursos hídricos; Imágenes de radar; Región Pampeana; Estudio preliminar

INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua superficiales, tales como, ríos, lagos y embalses son esenciales para los ecosistemas y el sistema climático mundial (Du et al., 2016). En la Región Pampeana (Argentina) son importantes porque constituyen un hábitat singular para la flora y fauna característica de los humedales de la región. Además, sirven de moderadores del régimen fluvial al almacenar el exceso hídrico y también cumplen un papel importante en las actividades agropecuarias y turísticas (Geraldí et al., 2011), como así también algunos de ellos proveen de agua potable a la población y a las actividades industriales (Casado et al., 2016). Por lo tanto, la delimitación de los cuerpos de agua es fundamental para lograr una eficaz gestión de los recursos hídricos (Papa et al., 2008).

Las imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR, por sus siglas en inglés) han tenido múltiples aplicaciones, dado que permiten monitorear la superficie terrestre bajo diferentes condiciones meteorológicas (Aher et al., 2014). Se han utilizado para clasificar los tipos de cultivos (Baumann et al., 2018), estimar volúmenes de cuerpos de agua (Liebe et al., 2008), detectar cambios morfométricos de cursos de agua (Brendel et al., 2021), entre otros. Estos estudios han utilizado los satélites Sentinel y ENVISAT que operan en banda C.

Además, existen otros satélites ampliamente utilizados para analizar los procesos descriptos anteriormente. Entre ellos se destacan el Cosmo-SkyMed y TerraSAR-X que trabajan en banda X (Villa et al., 2015; Zhu et al., 2016), ALOS-2/PALSAR-2 en banda L (Lucas et al., 2014), entre otros. La ventaja más importante del uso de imágenes SAR radica en su habilidad para diferenciar superficies con agua debido al gran contraste que tienen con respecto al resto de las coberturas (Lanfri, 2011). Sumado a ello, aquellos satélites que poseen banda L son útiles para monitorear los cuerpos de agua con alta resolución espacial (Narvekar et al., 2015).

En este sentido, cobra importancia el satélite argentino SAOCOM. Este forma parte de una constelación compuesta por dos satélites (SAOCOM 1A y 1B) que fueron lanzados en 2018 y 2020, respectivamente. Junto con los cuatro satélites italianos COSMO-SkyMed, conforman el Sistema Ítalo-Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias. El mismo es un sistema que provee información vital para el país sobre humedad de suelo, inundaciones y enfermedades de cultivos, monitoreo de recursos naturales, entre otras (CONAE, 2018).

Son escasas las investigaciones que utilizan información proveniente de este satélite. Roa et al. (2021), analizaron la capacidad de realizar interferometría con información proveniente del SAOCOM 1A en el Volcán Domuyo (Neuquén, Argentina), mientras que Viotto et al. (2021) aplicó la misma metodología en la Meseta de la Puna y la Cordillera Oriental de Argentina. Por su parte, Machado (2020) utilizó las imágenes provistas por el satélite SAOCOM para analizar la salinidad del suelo de la Pampa Húmeda. Sin embargo, hasta el momento, no se han realizado estudios que demuestren la capacidad de este satélite en el monitoreo y delimitación de la superficie cubierta por lagos y lagunas en Argentina.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue utilizar imágenes del satélite SAOCOM para detectar cuerpos de agua en la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). Los resultados obtenidos conformarán una base sólida para la gestión del recurso hídrico dadas las ventajas de los sistemas SAR que operan en banda L en los estudios hidrográficos.

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Sauce Grande (4.856 km²) se localiza en el sur de la Región Pampeana. Es exorreica y a lo largo de su extensión presenta dos cuerpos de agua principales: el dique Paso de Las Piedras y la laguna Sauce Grande (figura 1). El primero es el principal reservorio de la región y abastece de agua potable a más de 500 mil habitantes, como así también es fuente de agua para diversas actividades industriales (Casado et al., 2016). La laguna Sauce Grande presenta como principal atractivo turístico la pesca deportiva del pejerrey y diversos deportes náuticos. El clima de la cuenca es subhúmedo húmedo al norte, mientras que subhúmedo seco al sur (Brendel et al., 2021).

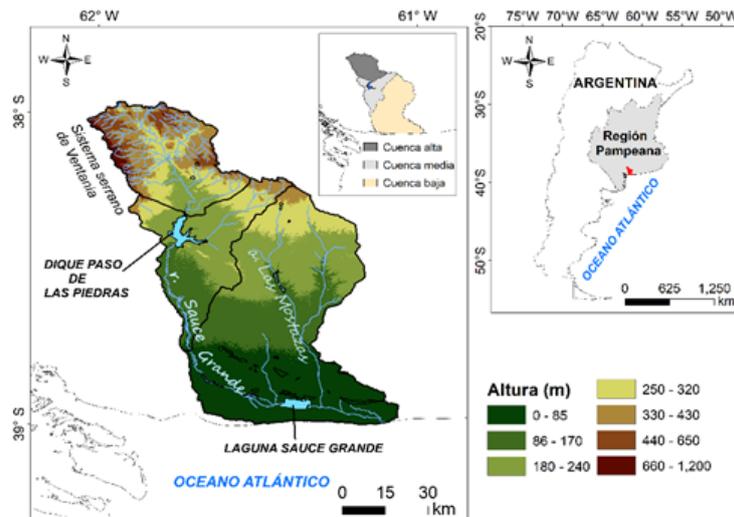


Figura 1. Localización de la cuenca del río Sauce Grande y de los cuerpos de agua analizados

METODOLOGÍA

Se procesaron dos imágenes satelitales adquiridas por el SAOCOM 1A en banda L correspondiente a los días 8 de septiembre y 29 de diciembre de 2020. La primera contempló el área aledaña al dique Paso de Las Piedras (DPP) (Path: 37, Row: 385), mientras que la segunda a la laguna Sauce Grande (LSG) (Path: 37, Row: 384). Ambas fueron adquiridas del catálogo de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales. El modo de adquisición de las imágenes fue STRIPMAP, en órbita ascendente y con un nivel de procesamiento denominado L1A. En este nivel, los datos son complejos, en rango inclinado, presentan calibración radiométrica pero no corrección geométrica. Las imágenes fueron *full* polarimétricas, es decir, que presentaron las cuatro polarizaciones posibles: HH, VV, HV y VH.

En este estudio se utilizó la banda VH dado que es la más apropiada para detectar superficies cubiertas por agua (Xing et al., 2018). El procesamiento de las imágenes fue realizado en *software* libre SNAP, siguiendo la metodología descrita en Bioresita et al. (2018). El primer paso consistió en calibrar radiométricamente la banda VH, permitiendo obtener el coeficiente de retrodispersión σ^0 . Luego, para disminuir el ruido *speckle*, se aplicó la técnica del *multilooking* (remuestreo de la imagen). El tercer paso fue reproyectar las imágenes obtenidas en el paso anterior, sobre un modelo de elevación digital. Para ello, se utilizó como referencia el MDE SRTM, considerando la proyección de salida el UTM WGS84. Luego, los resultados fueron convertidos a dB para obtener una mejor discriminación de los objetos sobre la superficie. Para detectar el umbral de extracción de los cuerpos de agua, se crearon muestras geo-referenciadas denominadas ROIS y se diseñaron histogramas que permitieron obtener los valores necesarios para su clasificación. Finalmente, se realizó la representación cartográfica de los cuerpos de agua en el software Arc Gis 10.5.

RESULTADOS

El coeficiente de retrodispersión -es decir el porcentaje de la energía electromagnética que es reflejada de vuelta hacia el radar desde una celda o unidad de resolución- en el área aledaña al DPP y la LSG, respectivamente se presenta en la figura 2. En ambas imágenes SAR, este coeficiente osciló entre -40 y -7.5 dB (figura 2). Dentro de este rango, los cuerpos de agua actuaron como una superficie reflectora especular, por lo tanto, el coeficiente fue bajo con respecto al resto de las coberturas del suelo (figura 2). Sobre la superficie del DPP, el coeficiente de retrodispersión osciló entre -31 y -28 dB, permitiendo determinar el umbral de extracción de este cuerpo de agua (figura 2a). En el caso de la imagen correspondiente al área próxima a la LSG, el histograma presentó mayores diferencias con respecto al del DPP, dado que fue bimodal

(figura 2b). Por lo tanto, el umbral de extracción de este cuerpo de agua fue detectado más fácilmente. En ese sentido, los valores del coeficiente de retrodispersión sobre la LSG oscilaron entre -32 y -30 dB, obteniendo de esta manera los valores para su delimitación (figura 2b).

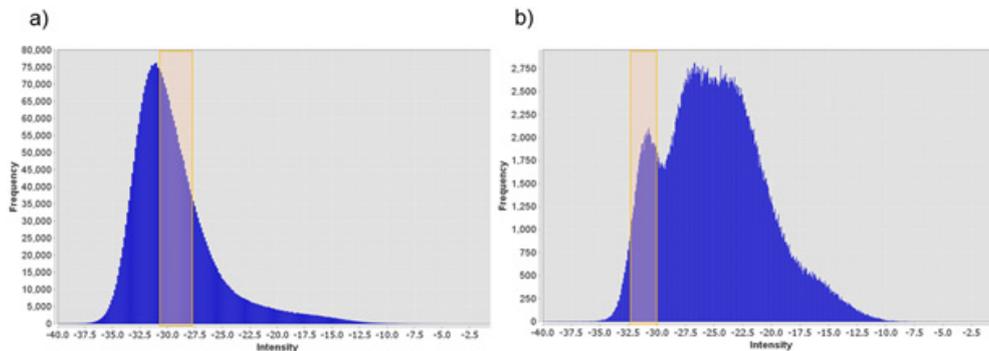


Figura 2. Coeficiente de retrodispersión en la polarización VH en: a) el área aledaña al dique Paso de Las Piedras (8/9/2020) y b) área aledaña a la laguna Sauce Grande (29/12/2020) mediante el procesamiento de imágenes SAOCOM 1A. El recuadro naranja indica el umbral de valor para la detección de ambos cuerpos de agua.

La mayor parte de las áreas aledañas al DPP (figura 3a) y la LSG (figura 3b) presentaron sectores con presencia de humedad, que fueron representados con color blanco. Esos sectores húmedos fueron lotes de cultivos en ambas imágenes, y en el caso de la LSG, también se destaca la presencia de médanos ubicados al sur de la misma (figura 3b).

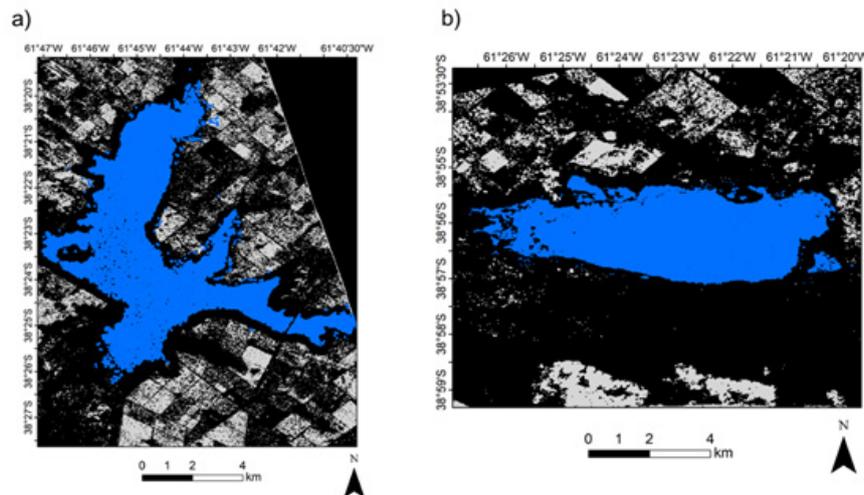


Figura 3. a) Cobertura de agua del dique Paso de Las Piedras durante el día 8 de septiembre de 2020 y b) cobertura de agua de la laguna Sauce Grande durante el día 29 de diciembre de 2020

CONCLUSIÓN

El procesamiento de las imágenes SAOCOM permitió detectar, por primera vez, los umbrales necesarios para la detección de cuerpos de agua en la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). La metodología desarrollada en el presente trabajo podría aplicarse de manera eficaz en otras regiones, dado que se determinó la respuesta de los cuerpos de agua con las imágenes de radar que operan en banda L. Por lo tanto, este estudio conforma una base sólida para la gestión del recurso hídrico dadas las ventajas de los sistemas SAR en los estudios hidrográficos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los proyectos subsidiados por el CONICET y la Universidad Nacional del Sur, como así también a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales por la provisión de las imágenes satelitales SAOCOM.

REFERENCIAS

- Aher, S. P.; Khemnar, S.B. y Shinde, S.D. (2014). Synthetic aperture radar in Indian remote sensing. *International Journal of Applied Information Systems*, 7, 41-44.
- Baumann, M.; Levers, C.; Macchi, L.; Bluhm, H.; Waske, B.; Gasparri, N.I. y Kuemmerle, T. (2018). Mapping continuous fields of tree and shrub cover across the Gran Chaco using Landsat 8 and Sentinel-1 data. *Remote sensing of environment*, 216, 201-211.
- Bioresita, F.; Puissant, A.; Stumpf, A. y Malet, J.P. (2018). A method for automatic and rapid mapping of water surfaces from sentinel-1 imagery. *Remote Sensing*, 10(2), 217.
- Brendel, A.S.; Ferrelli, F.; De Uribe Echeverria, M.F.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. (2021). Procesamiento de datos satelitales ópticos y de radar para la detección de cambios morfométricos: el caso de la desembocadura del río Sauce Grande (Argentina). *Caminhos de Geografia*. En prensa.
- Casado, A.; Peiry, J.L. y Campo, A.M. (2016). Geomorphic and vegetation changes in a meandering dryland river regulated by a large dam, Sauce Grande River, Argentina. *Geomorphology*, 268, 21-34.
- Du, Y.; Zhang, Y.; Ling, F.; Wang, Q.; Li, W. y Li, X. (2016). Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with modified normalized difference water index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the SWIR band. *Remote Sensing*, 8(4), 354.
- Geraldi, A.M.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. (2011). El rol de las lagunas bonaerenses en el paisaje pampeano. *Ciencia Hoy*, 22, 09-14.
- Langfri, S. (2011). *Desarrollo de una metodología para la detección de cuerpos de agua mediante el análisis de imágenes SAR COSMO SkyMed y de DEMs*. Tesis de Magister, Universidad Nacional de Córdoba.
- Liebe, J.R.; Van De Giesen, N.; Andreini, M.S.; Steenhuis, T.S. y Walter, M.T. (2008). Suitability and limitations of ENVISAT ASAR for monitoring small reservoirs in a semiarid area. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(5), 1536-1547.
- Lucas, R.; Rebelo, L.M.; Fatoyinbo, L.; Rosenqvist, A.; Itoh, T.; Shimada, M.; ... e Hilarides, L. (2014). Contribution of L-band SAR to systematic global mangrove monitoring. *Marine and Freshwater Research*, 65(7), 589-603.
- Machado, F. (2020). *Primera aproximación en estudios de salinidad de suelo en la Pampa húmeda argentina utilizando imágenes SAR e inversión de modelos electromagnético*. Tesis de Magister, Universidad Nacional de Córdoba.
- Narvekar, P.S.; Entekhabi, D.; Kim, S.B. y Njoku, E.G. (2015). Soil moisture retrieval using L-band radar observations. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 53(6), 3492-3506.
- Papa, F.; Prigent, C. y Rossow, W.B. (2008). Monitoring flood and discharge variations in the large Siberian rivers from a multi-satellite technique. *Surveys in Geophysics*, 29(4), 297-317.
- Roa, Y.; Rosell, P.; Solarte, A.; Euillades, L.; Carballo, F.; García, S. y Euillades, P. (2021). First assessment of the interferometric capabilities of SAOCOM-1A: New results over the Domuyo Volcano, Neuquén Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 106, 102882.
- Villa, P.; Stroppiana, D.; Fontanelli, G.; Azar, R. y Brivio, P.A. (2015). In-season mapping of crop type with optical and X-band SAR data: A classification tree approach using synoptic seasonal features. *Remote Sensing*, 7(10), 12859-12886.
- Viotto, S.; Bookhagen, B.; Toyos, G. y Torrusio, S. (2021). Assessing ground deformation in the Central Andes (NW Argentina) with Interferometric Synthetic Aperture Radar analyses: First results of SAOCOM data and Sentinel-1 data (No. EGU21-12474). Copernicus Meetings.
- Xing, L.; Tang, X.; Wang, H.; Fan, W. y Wang, G. (2018). Monitoring monthly surface water dynamics of Dongting Lake using Sentinel-1 data at 10 m. *PeerJ*, 6, e4992.
- Zhu, J.; Qiu, X.; Pan, Z.; Zhang, Y. y Lei, B. (2016). Projection shape template-based ship target recognition in TerraSAR-X images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(2), 222-226.

LA ESTRUCTURA URBANA A PARTIR DE BASE DE DATOS CATASTRALES. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA POR MEDIO DE LAS TIG Y APLICACIÓN EN POLÍTICAS TERRITORIALES

Steffi Antonella Giraudó

Estudio Territorial Inmobiliario (ETI). Secretaría de Ingresos Públicos y Dirección General de Catastro

Hernán Matías Morales

IDECOR - Estudio Territorial Inmobiliario (ETI). Secretaría de Ingresos Públicos y Dirección General de Catastro

Mario Andrés Piumetto

IDECOR Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Centro de Estudios Territoriales (CET)

Sergio Daniel Gustavo Sosa Quilaleo

Estudio Territorial Inmobiliario (ETI). Secretaría de Ingresos Públicos y Dirección General de Catastro

A través del tiempo y debido a la dinámica de las ciudades, se producen cambios territoriales en el tejido urbano que se reflejan en diferentes ámbitos y problemáticas. Existen diversos modos de medir estos cambios, sin embargo el acceso a fuentes de datos confiables puede ser un desafío difícil de superar. En la provincia de Córdoba los datos catastrales son abiertos, de modo que constituyen una fuente de información sumamente interesante a partir de la cual se puede analizar la ocupación del suelo urbano.

La información catastral contiene datos de tipo alfanuméricos y cartográficos correspondientes a las parcelas de un territorio administrado. Los datos cartográficos definen la ubicación espacial y la geometría de los elementos, en tanto que los alfanuméricos corresponden a diversos atributos que complementan a los primeros con cuantiosa información temática. De esta manera, los datos catastrales abarcan diversos aspectos, que ordenados, conforman una base de datos compleja, de utilidad para mensurar el territorio desde diversas perspectivas.

En este estudio se explora una metodología que permite, utilizando las TIG, traducir la información catastral en la fabricación de variables factibles de aplicar en los procesos que permiten estimar la valuación del suelo, buscando visibilizar parámetros que incidan positiva o negativamente en el valor. Esta actividad se desarrolla en el marco del proceso de Valuación Masivo del Suelo Urbano y Rural de la Provincia de Córdoba, llevado adelante por el Ministerio de Finanzas a través de la Dirección de Catastro en conjunto con el Estudio Territorial Inmobiliario, estudios que comenzaron a mediados de 2017 y se extienden hasta la actualidad.

El punto de partida corresponde a una selección de datos existentes en el Registro Catastral de la Provincia de Córdoba, escogiendo aquellos cuya información fue considerada relevante, los cuales se mencionan a continuación:

- » Superficie de terreno.
- » Superficie de mejoras.
- » Tipo de Parcela (Rural o Urbano).
- » Tipo de Valuación (Rural o Urbano).
- » Estado (Baldío, Edificado no PH o Edificado PH).
- » Valuación de terreno.
- » Valuación mejoras.
- » Valuación total: se calcula como la suma de la valuación del terreno y la valuación de las mejoras.
- » Cantidad de cuentas

El uso de la información catastral presenta algunas ventajas, tales como:

- » Fuente única de datos: La información es generada únicamente con la base parcelaria disponible en el catastro provincial.
- » Completitud: abarcan toda el área de estudio de forma completa.
- » Fácil acceso: los datos son abiertos y de uso libre.

El análisis de los datos catastrales se puede dar de forma individual o en conjunto. En

esta ocasión, se desarrolla la metodología de análisis tomando los datos en su conjunto y analizando los mismos desde dos puntos de vista distintos.

En primer lugar, se analizan los datos parcelarios, agrupando los mismos a nivel de manzana, de modo que se examinan las características de todas las parcelas pertenecientes a una misma manzana. En segunda instancia, se trabaja realizando un análisis de entorno que permite construir diversas métricas, utilizando datos alfanuméricos (superficie edificada, superficie de terreno, tipo de inmueble, etc.), y su comportamiento en un entorno definido. El valor resultante en cada métrica, es función de la variable en estudio y de la zona o entorno delimitado denominado “área de cálculo”. Esta metodología busca construir variables territoriales a partir de los datos catastrales registrados, definiendo un entorno de un kilómetro cuadrado (1 km²) en congruencia con la metodología propuesta por Angel et al. (2010) quien define métricas para medir la fragmentación urbana (estudio que también fue abordado en el marco del proyecto de estimación del valor del suelo).

El procesamiento de los datos en el entorno definido para cada parcela se realiza con algoritmos en lenguaje SQL que se ejecutan sobre una base de datos PostgreSQL con la extensión PostGIS, incluyendo análisis de autocorrelación espacial. Los cálculos son de fácil construcción puesto que son realizados a través de intersecciones espaciales y cálculos estadísticos simples.

De esta manera, en base a los datos catastrales seleccionados, se ha desarrollado un conjunto de variables que hacen hincapié en el grado de ocupación del suelo, tales como porcentajes de parcelas baldías, porcentaje de metros cuadrados baldíos, porcentaje de superficie edificada, tamaño promedio de lote, entre otras.

Estas variables permiten identificar algunas características territoriales, como por ejemplo:

- » en aquellas zonas donde exista un alto porcentaje de parcelas de tipología rural, se identifican áreas que corresponden a la periferia de la ciudad,
- » el porcentaje de edificación elevado puede indicar que el sector corresponda a la zona centro o una zona residencial densamente poblada,
- » un valor alto de porcentaje de PH expresa la presencia de edificaciones en altura, ya sean complejos de departamentos u oficinas, mientras que un valor bajo expresa la ausencia de tales tipologías.

Todos estos análisis conforman indicadores que inciden en la valuación del inmueble, aumentando o disminuyendo su valor, dependiendo de la característica de cada métrica.

Examinando las métricas alcanzadas o la combinación de ellas se puede obtener información que puede ser utilizada para otros fines, no solamente valuatorio, por ejemplo el grado de subdivisión de un área determinada, el nivel de ocupación del suelo, dimensionar la disponibilidad de tierra vacante en áreas urbanizadas, densidad constructiva o edificada en diferentes sectores de una ciudad, etc. Además, si se introduce el factor tiempo al análisis, es posible generar un historial o evolución de ocupación del suelo a través del tiempo, grado de impermeabilización de la tierra urbana, tendencias de desarrollo urbano inmobiliario, etc.

Si bien los resultados de este estudio colaboraron en la estimación de valores urbanos de la provincia de Córdoba, se considera también una herramienta potencial, de gran utilidad para otros análisis territoriales y relaciones de la estructura urbana como la distribución de la edificación en el espacio, tendencias de crecimiento urbano, implicancias sobre la dotación de servicios e infraestructura urbana, entre otras. Los análisis y decisiones sobre el territorio requieren de un análisis complejo e integral de múltiples variables que operan sobre el mismo. Reconociendo esta realidad, podríamos considerar que la información elaborada en este estudio aporta a la planificación, gestión y formulación de políticas públicas y de ordenamiento territorial.

REFERENCIAS

Angel, S.; Parent, J. y Civco, D. (2010). *The Fragmentation of Urban Footprints: Global Evidence of Sprawl, 1990 2000*. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper.

ENSAYOS DE VECTORIZACIÓN DE ARCHIVOS RÁSTER DE CARTOGRAFÍA HISTÓRICA ¿POR QUÉ NO PUEDE SER 100% AUTOMÁTICO Y HAY QUE HACERLO EN FORMA MANUAL?

Marina Miraglia

Universidad Nacional de General Sarmiento UNGS

Carlos Nelson Jiménez

Universidad Nacional de General Sarmiento UNGS

Braian Emmanuel Villalba

Universidad Nacional de General Sarmiento UNGS

Daniela Noelia Natale

Universidad Nacional de General Sarmiento UNGS

RESUMEN

Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto de investigación de la Universidad Nacional de General Sarmiento desarrollado en conjunto con la Universidad Federal de Río de Janeiro, denominado “*La aplicación de la toponimia y la cartografía histórica en los estudios territoriales en Argentina y Brasil. El caso de las misiones jesuíticas durante el siglo XVII (Cód: 30/2097)*” donde el objetivo general es reconstruir la dinámica territorial histórica en las misiones jesuíticas guaraníes y los objetivos específicos se orientan a la aplicación de los métodos de la geografía histórica en la reconstrucción territorial a través de la toponimia y la cartografía histórica y los métodos de análisis espacial aplicados en las Tecnologías de la Información Geográfica. El periodo de estudio abarca los siglos XVII a XXI y a través de una selección de mapas antiguos, cartas topográficas y los geoservicios de *Open Street Map*, se realizará el análisis espacial y la publicación de visores de mapas raster y vectoriales.

Palabras clave: Vectorización; Capas ráster; Automatización; SIG

Dentro de las tareas presentadas en el plan de trabajo, se realizaron el escaneo de los materiales cartográficos y su georreferenciación. La tarea iniciada en 2019 y que se presenta aquí es la sistematización y procesamiento de los datos geográficos para su posterior análisis en el entorno SIG. Se incorporaron a la base de datos cartográfica 168 mapas antiguos y 37 cartas del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:500.000 y topográficas a escala 1:100.000, todas estas georreferenciadas. Con estas cartas se confeccionó un mosaico por escala y se realizó un geoservicio raster <https://ung-ico-tigae.github.io/VMWH/> que se puede consultar sobre la base de *Open Street Map*.

Como resultado de esta sistematización se presentará un visor de mapas vectorial, con la incorporación de mapas antiguos para tener tres momentos de estudio: siglo XVII/XVIII, siglo XX y siglo XXI como se ve en la captura de pantalla (figura 1).

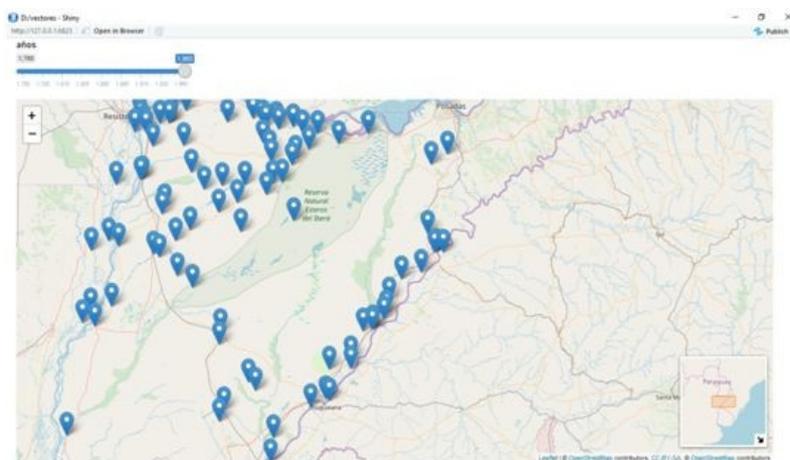


Figura 1. Visor vectorial en R. Villalba, B. (2019)

Para poder realizar este producto, es necesario digitalizar y vectorizar los elementos puntuales, lineales y areales de cada mapa, proceso que, dada la gran cantidad de información cartográfica que contienen, se buscó realizarlo de forma automática. A tal fin se adjuntan una serie de pruebas realizadas con distintos programas de SIG y de edición (libres y restringidos).

- » Uso de Inkscape y Qgis para la prueba de vectorización. Con Qgis, se filtró por bandas en busca de simplificar y realzar elementos representativos para posteriormente vectorizar. Aquí se utilizó la herramienta *raster calculator*, seleccionando una sola de las tres bandas, aplicando un rango de valores de celda. Sin embargo, no es automático y requiere posteriores procesamientos.
- » Uso de Adobe Photoshop (versión CS6). Con la aplicación de filtros a la carta topográfica del IGN: 2757-29 se pudo:
 - > Extraer curvas de nivel:

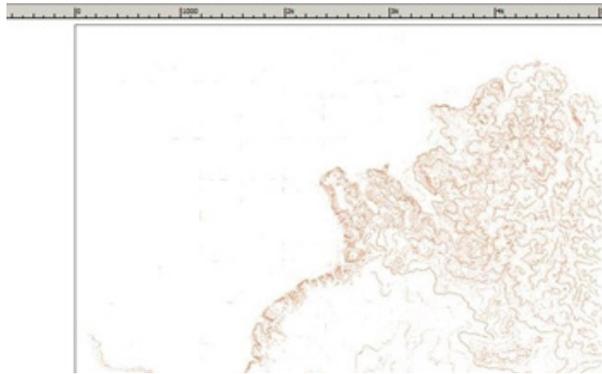


Figura 2. Extracción de curvas de nivel con Adobe Photoshop (versión CS6)

- > Cursos de agua:

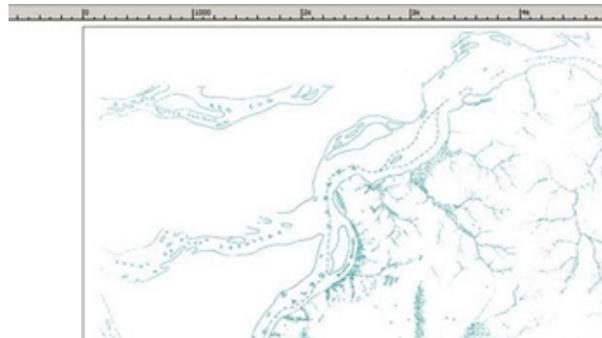


Figura 3. Extracción de cursos de agua con Adobe Photoshop (versión CS6)

- > Otros:

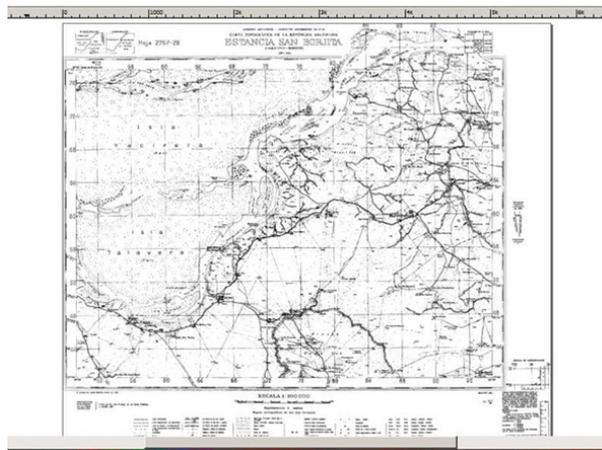


Figura 4. Extracción de otros rasgos con Adobe Photoshop (versión CS6)

Se puede notar que el proceso es por color y, pese a que permite “reconstruir” luego la carta:

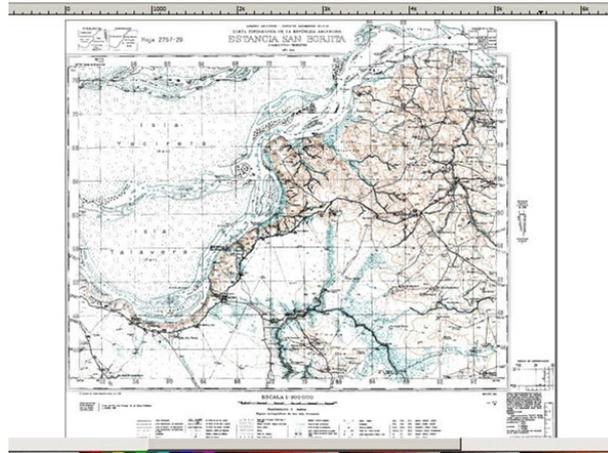


Figura 5. Reconstrucción de la carta procesada con Adobe Photoshop (versión CS6)

los vectores resultantes no son líneas y puntos bien definidos, sino multipolígonos sobre los que luego se deberá trabajar nuevamente:

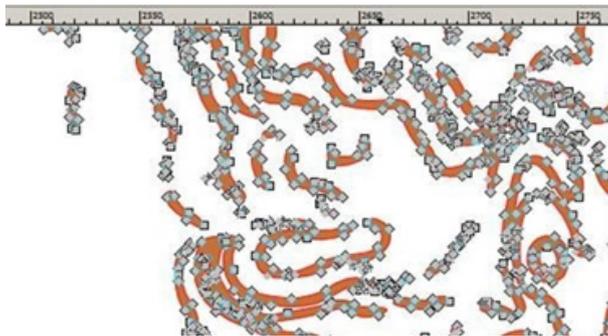


Figura 6. Multipolígonos para editar

Así, es necesario separar, también, este conjunto de colores para determinar a qué nivel corresponden las curvas o, para el caso de los cursos de agua, cuál es bañado, cuál es un río.

- » Uso de Illustrator: con una herramienta se puede calcar y guardar en el formato que quieras. Sin embargo, QGIS rechaza el formato pese a que fue exportado como SVG. Con un conversor online a JSON se presenta el mismo problema. Al parecer la cantidad de puntos por esas “pseudo líneas» le dan complejidad al cálculo.
- » Uso de Microsoft Visio. Es un editor vectorial. Es necesario tener como archivo de base un ráster por capas, para que al vectorizarlo se pueda catalogar. “Calcarlo” es una de las opciones que permite el software, pero es un proceso complejo y que demanda mucho tiempo, por lo cual no cumple con el objetivo buscado. Por ejemplo, se utilizó un editor vectorial (Microsoft Visio) y se procesó una carta topográfica de San Nicolás (Hoja 3360-21-3/4) (figura 7): Se intentó reproducirla (Calcarla) obteniendo este fragmento (figura 8):

Aquí ya hay objetos que se pueden agrupar, pero en la resolución de la carta original cuesta diferenciar el ícono de las estancias con el del monte artificial o un “molino a viento” con el del “molino a viento con tanque australiano” si hay otros objetos próximos (figura 9).

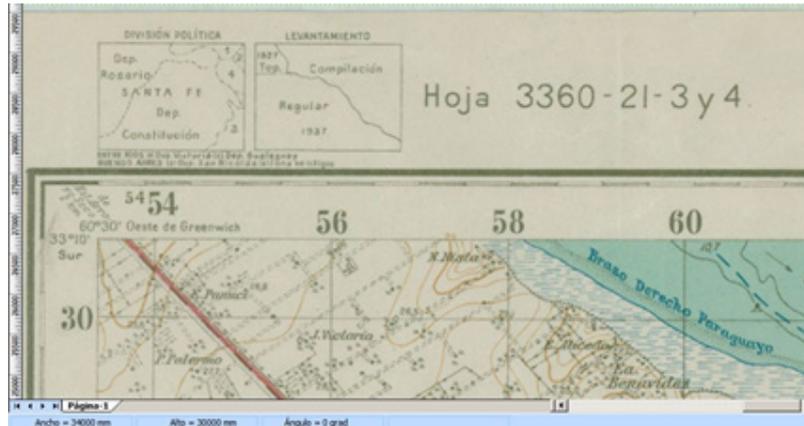


Figura 7. Carta original

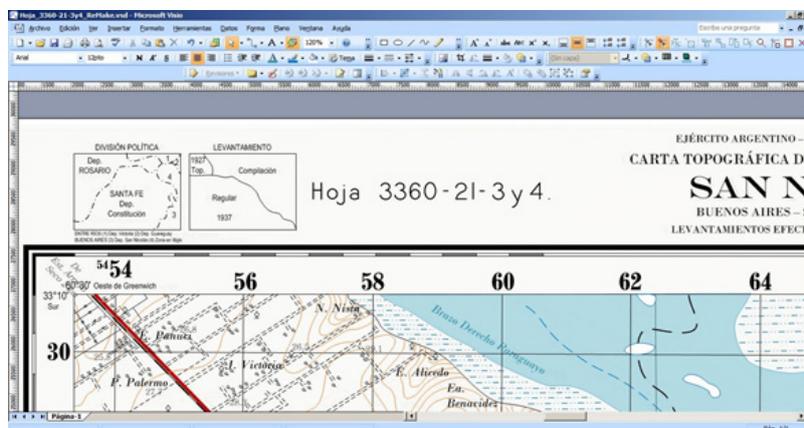


Figura 8. Carta procesada

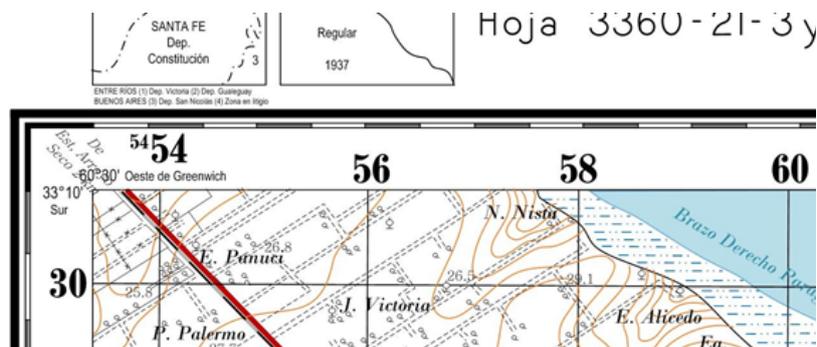


Figura 9. Producto final

- » Uso de Wintopo de la Universidad Nacional de Chimborazo
- Con este programa de acceso libre y gratuito, se buscó vectorizar en forma automática el mapa antiguo georreferenciado para obtener los archivos a procesar.
- Se incorporó el mapa a vectorizar (figura 10)
- seleccionando *one touch vectorisation* (figura 11)
- ya sea que se aplique directamente *one touch vectorisation* o se seleccionen las opciones desde *set one touch options* (figura 12)
- se obtiene este producto (figura 13)
- donde se encuentran polilíneas que deberán ser procesadas una por una para su identificación en archivos separados (figura 14).

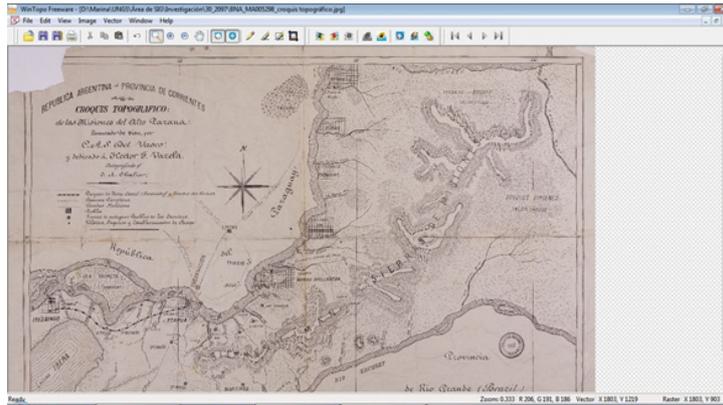


Figura 10. Mapa original

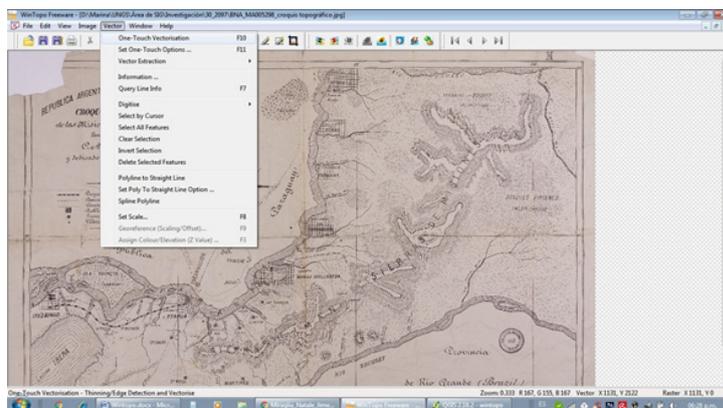


Figura 11. Opciones de vectorización

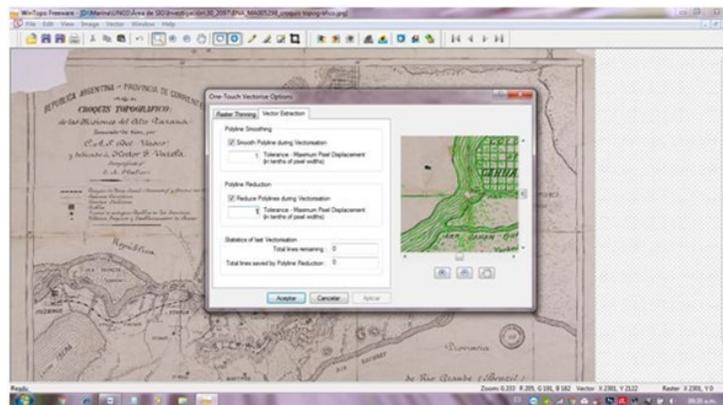


Figura 12. Opciones de vectorización avanzadas

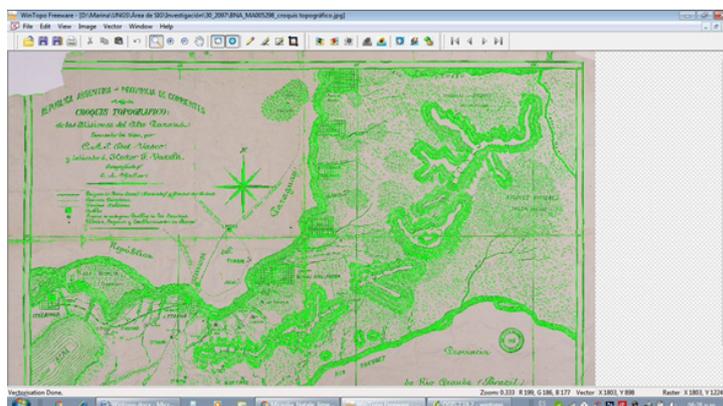


Figura 13. Resultados de la vectorización (1)

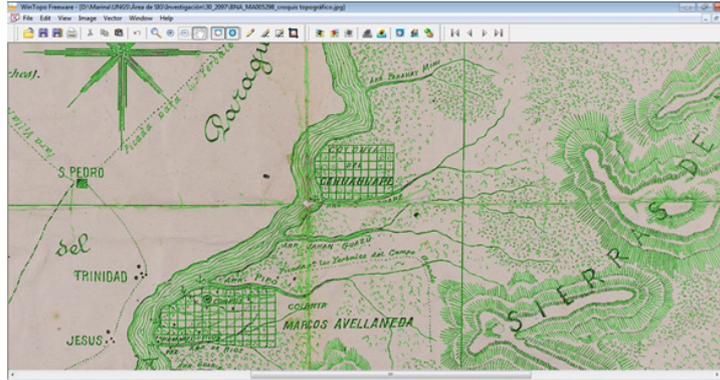


Figura 14. Resultados de la vectorización (2)

Es gratis y reduce la curva de aprendizaje que demanda Illustrator e Inkscape. El problema es que si se logra vectorizarlo luego hay que separar las capas: curvas de nivel, ríos, toponimia, localidades, etc.

» Vectorización con ArcMap

Se utiliza la extensión ArcScan, que permite vectorizar de forma semiautomática un archivo raster. Por un lado, la extensión presenta herramientas de vectorización avanzadas (vectorización interactiva), que permiten trazar diferentes elementos de manera semiautomática, pero sigue siendo un trabajo manual. Por otro lado, presenta una herramienta de vectorización automática, que se lleva adelante asignando ciertos parámetros. Si bien esta opción facilita el trabajo, no cumple con los objetivos perseguidos.

- > Vectorización interactiva: dicha vectorización presenta herramientas similares a las de digitalización tradicional, pero que permiten realizar trazos más precisos, ya que el software reconoce continuidad en las líneas, y las traza de forma automática. Si bien esta opción permite agilizar el trabajo, se sigue trabajando de manera manual.
- > Vectorización automática: La digitalización se puede realizar de manera directa, o, como se hizo referencia previamente, asignando parámetros para mejorar y hacer más preciso el proceso. A continuación se observa la vectorización obtenida de manera directa. Se utilizó una carta topográfica 1:50000 (Ezeiza-3560-18-02).

Si bien las líneas se digitalizaron de manera correcta, la toponimia dentro de la carta (en este caso, nombres de los ríos, rutas, pueblos, estancias, etc.) no se observa con nitidez. Es por ello que esta opción no cumple con los objetivos buscados.

La segunda opción que presenta ArcScan, como se indicó previamente, permite otorgar ciertos parámetros previos a la digitalización, para permitir mayor precisión. Como primer paso, se debe reclasificar la imagen en dos valores, ya que el software reconoce mejor los trazos de esta manera. Como segundo paso, la extensión permite realizar una “limpieza” del archivo. Se puede realizar de forma manual, con varias herramientas (principalmente de borrado) o asignando ciertos parámetros con el fin de eliminar píxeles que el software no considera dentro de la vectorización, o unir algunos trazos que perdieron continuidad en la reclasificación. Una vez realizados los pasos previos, se procede a la digitalización automática. Se establecieron diferentes parámetros, y se obtuvieron resultados similares al proceso de vectorización de manera directa (sin otorgar al proceso ningún tipo de parámetro). La toponimia tampoco se observa en la vectorización.

En ninguno de los casos fue posible obtener un resultado de calidad, por lo que se tuvo que optar por la vectorización manual de cada uno de los elementos del mapa histórico y la carta topográfica utilizando el software QGIS.

El objetivo de esta presentación ha sido compartir las pruebas realizadas con los distintos programas y que se pueda utilizar para intentar nuevas propuestas de vectorización o mejorar las existentes.

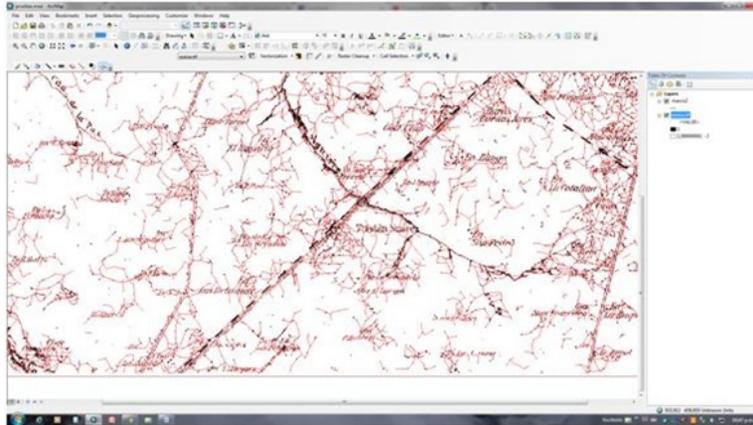


Figura 15

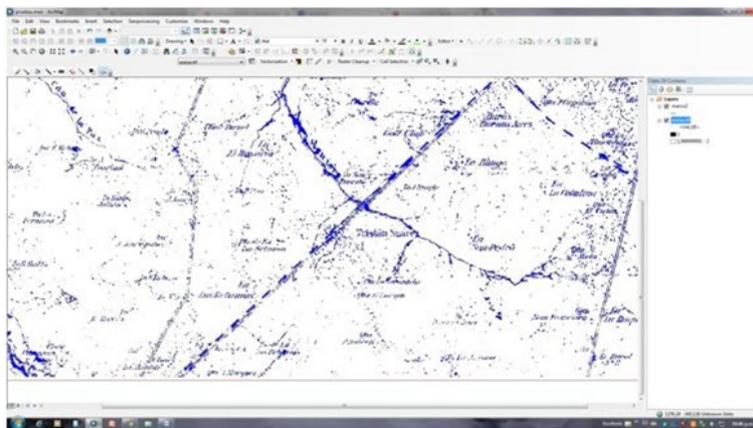


Figura 16

REFERENCIAS

- Fuenzalida, M.; Buzai, G.D.; Moreno Jiménez, A. y García De León, A. (2015). *Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones*. Santiago de Chile: Editorial Triángulo.
- Jiménez, C.; Miraglia, M.; Spina, V. y Villalba, B. (2019). Metodología de integración de cartografía histórica de la Rmba en un Visor de Mapas Web. *IV Congreso Latinoamericano de Estudios Urbanos*. Los Polvorines: UNGS.
- Miraglia, M.; Caloni, N. y Buzai G.D. (2015). *Sistemas de información geográfica en la investigación científica actual* (1ª ed.) Los Polvorines. Universidad Nacional de General Sarmiento (Cuestiones metropolitanas). Recuperado de https://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2018/03/668_SIG-Actual_FINAL_web.pdf
- Miraglia, M.; Spina, V. y Jiménez, C. (2016). Metodología para el desarrollo del visor de mapas web histórico para el área de Campo de Mayo. Provincia de Buenos Aires. *IV Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica*. Santiago de Chile: Universidad Alberto Hurtado.
- Villalba, B. (2019). *Integración de cartografía histórica en visores de mapas mediante la aplicación de algoritmos de programación. El caso de las Misiones Jesuitas de Corrientes durante los siglos XVIII y XIX*. Trabajo final de la Tecnicatura Superior en SIG. UNGS, Los Polvorines.



EJE 2. MODELIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE LONGITUD Y GRADIENTE DE LA PENDIENTE EN UNA MICROCUENCA AGRÍCOLA MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

María Guadalupe Ares

Consejo Nacional de Actividades Científicas y Técnicas. Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr Eduardo Jorge Usunoff". Facultad de Ingeniería UNCPBA

Ilda Entraigas

Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr Eduardo Jorge Usunoff"

Marcelo Varni

Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr Eduardo Jorge Usunoff"

Celio Chagas

Facultad de Agronomía UBA

Palabras clave: Factor LS; Erosión hídrica; Sistemas de Información Geográfica

INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica es un proceso de degradación que afecta a las tierras argentinas: actualmente 64,6 millones de hectáreas se encuentran afectadas por este proceso (Casas, 2015). En la provincia de Buenos Aires los sectores norte, centro y sudeste y centro y sudoeste son susceptibles a este tipo de erosión (Colazo et al., 2019).

Los modelos matemáticos constituyen herramientas útiles para comprender los procesos de erosión y su impacto en un área determinada. Dentro de ellos, los modelos empíricos son los más simples, pero suelen ser cuestionados por ignorar la heterogeneidad de las entradas a la cuenca como la precipitación, o algunas características como los tipos de suelos. No obstante, la escasa información meteorológica o edáfica existente dificulta la implementación de modelos más complejos (Merritt et al., 2003). La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (MUSLE) (Williams y Berndt, 1977) es una variante de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) (Wischmeier y Smith, 1978). A diferencia de esta última, la MUSLE contempla el efecto del escurrimiento para la estimación de la pérdida de suelo mediante un factor específico que reemplaza el factor de erosividad de las precipitaciones de la USLE. Este modelo ha sido implementado en cuencas de diferentes regiones en el mundo (Besteiro y Gaspari, 2012; Gwapedza et al., 2021; Pandey et al., 2009), y se expresa mediante la ecuación (1):

$$Y=11,8(Qqp)^{0,56} \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Donde

Y= Rendimiento de sedimento en la cuenca (T)

Q= escurrimiento superficial (m³)

qp= caudal pico (m³ s⁻¹)

K= factor de erodabilidad del suelo (T ha h (ha MJ mm)⁻¹)

LS= factor de longitud e inclinación de la pendiente

C= factor de cobertura y manejo

P= factor de prácticas de manejo

El factor LS considera el efecto de la topografía en la erosión. Al incrementarse la longitud y el gradiente de la pendiente aumentan la velocidad y el volumen de escurrimiento capaz desprender y transportar partículas de suelo en el proceso erosivo (Morgan, 2005). El cálculo de este factor a través de sistemas de información geográfica (SIG) mejora las estimaciones de pérdida de suelo por parte de este modelo (Sadeghi et al., 2014). Este trabajo presenta la metodología desarrollada para el cálculo del factor LS mediante SIG y los resultados obtenidos en una microcuenca bajo uso agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cálculo del factor LS de la MUSLE se implementó en una microcuenca de la cuenca del arroyo Videla, situada en la zona serrana del Sistema de Tandilia (provincia de Buenos Aires,

Argentina), cuya superficie es de 566 ha y donde, dada la alta productividad de sus tierras, tienen lugar actividades agrícolas.

Se emplearon las ecuaciones citadas por Gaspari et al. (2009), correspondientes a modificaciones de la ecuación establecida por Wischmeier y Smith (1978). Estas contemplan de manera diferenciada el efecto de las pendientes relativamente bajas (menores que 9%) y relativamente altas (mayores que 9%), en la erosión (McCool et al., 1987):

$$LS = (\lambda/22,1)^{0,3} \times ((0,43 + 0,3 \times S + 0,043 \times S^2) / 6,613) \text{ para pendientes } < 9\% \text{ (2)}$$

$$LS = (\lambda/22,1)^{0,3} \times (s/9)^{1,3} \text{ para pendientes } > 9\% \text{ (3)}$$

$$\lambda = (0,5 \times A) / LTC \text{ (4)}$$

Donde:

LS= factor de longitud e inclinación de la pendiente

λ = longitud de la pendiente

s= pendiente, expresada en porcentaje

A= área del sector delimitado

LTC= longitud total de los cursos que drenan por el área delimitada

Para el cálculo de este factor se implementaron diferentes rutinas de los SIG Ilwis 3.6 e Idrisi Kilimanjaro. En primer lugar, se procesó la información topográfica contenida en las cartas del Instituto Geográfico Nacional, hojas 3760-22-1 “Base Azopardo” y 3760-22-3 “Chillar”: se digitalizaron las curvas de nivel, se interpolaron y se obtuvo el modelo de elevación digital del terreno (DEM). A partir de este se delimitó la microcuenca bajo estudio, para lo cual se aplicaron rutinas previas de hidro-procesamiento que involucraron la identificación de la dirección y la acumulación del flujo, la extracción de la red de drenaje y la identificación de los órdenes de los cursos de agua. Asimismo, con la información del DEM se elaboró el mapa de pendientes.

Con la finalidad de contemplar diferencias en cuanto a las pendientes y sus longitudes, y de acuerdo con las características físicas de la microcuenca, se la subdividió en tres áreas: superior, media e inferior. Para cada una se calculó la longitud total de las vaguadas. En este caso, se consideraron incluidos dentro de las vías de escurrimiento a aquellos sectores que como mínimo recibieran el drenaje de 200 píxeles, lo que representaba adecuadamente las redes de drenaje permanentes y temporarias del área, según el conocimiento de campo. La longitud total de las vaguadas se relacionó con la superficie de cada subcuenca considerada según la ecuación (4), y se obtuvieron los valores de longitud de la pendiente.



Figura 1. Esquema de la metodología implementada para el cálculo del factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS) de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada

Luego, de cada área se extrajeron los sectores de pendientes menores y mayores que 9%, para lo cual se reclasificaron los mapas de pendientes y se elaboraron máscaras con valores 0 y 1. Se calcularon las pendientes medias correspondientes a cada una de las zonas diferenciadas y se asociaron, junto con los valores de λ , a las ecuaciones (2) y (3). Los valores de LS resultantes se ponderaron por las áreas que ocupaban dentro de los sectores de pendientes delimitados, se vincularon a la superficie total de la microcuenca, y así se obtuvo finalmente el valor ponderado de este factor para el cálculo de la producción de sedimentos a través de MUSLE. La figura 1 muestra un esquema de la metodología implementada para el cálculo de este factor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 2 muestra el modelo de elevación digital de la microcuenca y los sectores superior, medio e inferior. Las mayores altitudes se encuentran en los sectores superior y medio de la microcuenca, con máximo de 285 m s. n. m. Asimismo, la información del DEM fue empleada para la extracción de la red de drenaje (figura 3) y para la elaboración del mapa de las pendientes de la microcuenca (figura 4). La longitud total de las vías de escurrimiento calculada fue de 10,1 km, 5,3 km y 4,8 km para el sector superior, medio e inferior de la cuenca, respectivamente. El área superior posee la menor pendiente promedio, de 2,3%, mientras que en el área media e inferior las pendientes medias son algo mayores, de 3,7 y 3,6%, respectivamente.

Los datos de pendiente y de la red de drenaje se procesaron para obtener los valores correspondientes para el cálculo del factor LS (tabla 1). Las superficies con pendientes superiores al 9% en los tres sectores son, en general, reducidas. La mayor superficie se encuentra en la subcuenca media, con la pendiente promedio menor, de 9,4%. Los valores de LS para los sectores inferior y medio de la cuenca fueron coincidentes en las áreas de pendiente mayor y menor que 9%. El sector superior de la cuenca presentó los valores extremos en cuanto al factor LS, pero con fuerte representatividad de los valores de LS bajos, debido a que solo en una hectárea de ese sector se encuentran las pendientes máximas, y por lo tanto, el máximo LS.

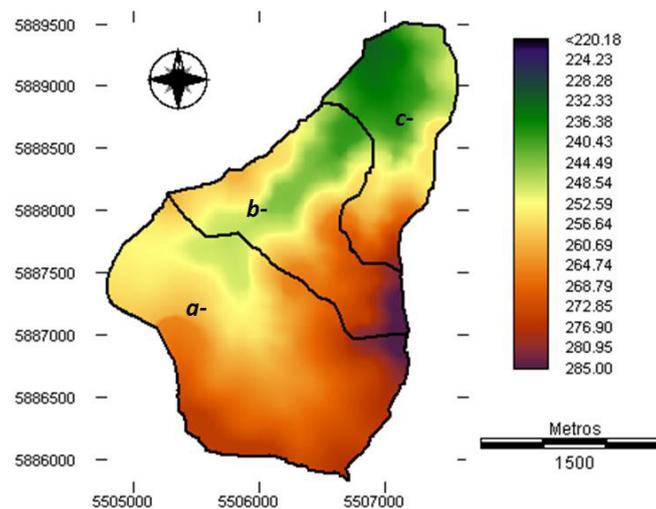


Figura 2. Modelo de elevación digital del terreno de la microcuenca bajo estudio. Elevación expresada en metros sobre el nivel del mar. Áreas de subdivisión de la microcuenca de acuerdo con sus características físicas: a) sector superior; b) sector medio; c) sector inferior

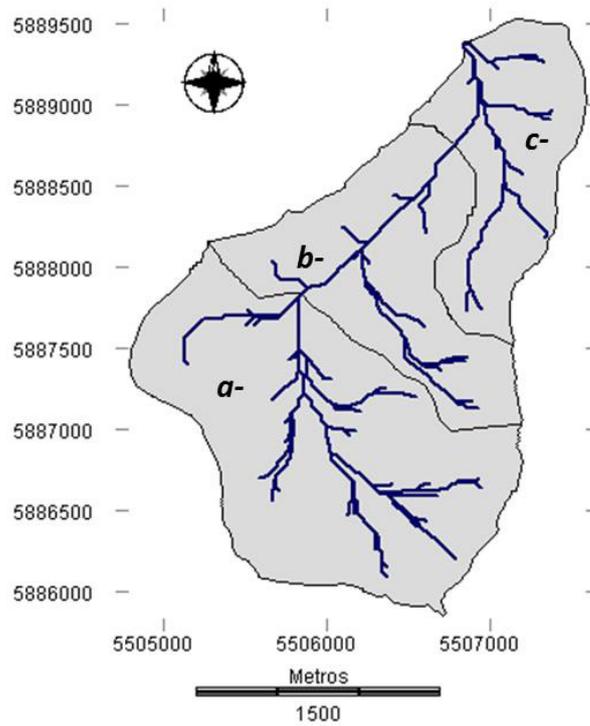


Figura 3. Red de drenaje de la microcuenca en sectores: a) superior; b) medio; c) inferior.

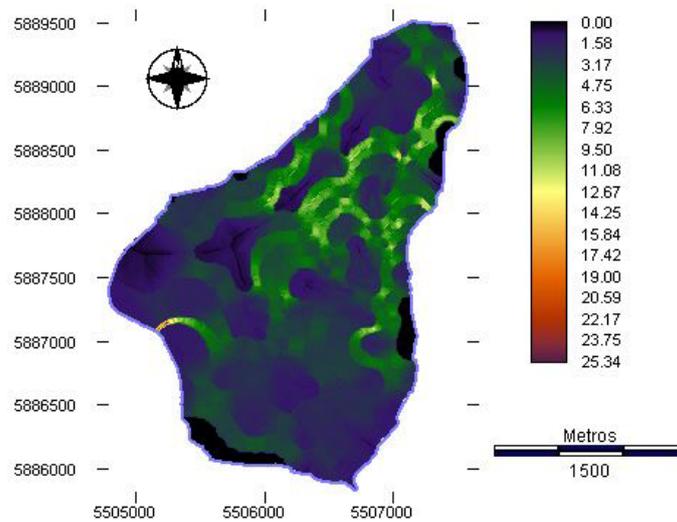


Figura 4. Mapa de pendientes correspondiente a la microcuenca bajo estudio. Valores expresados en porcentaje

Finalmente, el valor del factor LS ponderado para la microcuenca fue de 0,45. Este valor resultó más alto que el de cuencas de áreas de planicie, como la estudiada por Besteiro y Gaspari (2012) en el noreste de la región Pampeana, pero más bajo que el obtenido en subcuencas serranas del sudoeste bonaerense por Delgado et al. (2015), cuyas pendientes, en ciertos casos, superaban el 20%. En ambas regiones se implementaron metodologías de cálculo comparables a la desarrollada en este trabajo, y los valores de LS resultaron entre 0,032 y 0,082 en la cuenca de planicie, mientras que los correspondientes al área serrana estuvieron entre 1,51 y 5,24.

Parámetro	Sector Superior		Sector Medio			Sector Inferior			
	Área de pendiente menor 9% (ha)	Área de pendiente mayor 9% (ha)	λ (m)	Área de pendiente menor 9% (ha)	Área de pendiente mayor 9% (ha)	λ (m)	Área de pendiente menor 9% (ha)	Área de pendiente mayor 9% (ha)	λ (m)
Pendiente promedio (%)	2,2	12,8		3,4	9,4		3,3	9,9	
Área (ha)	289,7	1,0	143,2	149,8	5,6	146,1	116,4	4,2	125,4
LS	0,3	2,8		0,5	1,9		0,5	1,9	

Tabla 1. Pendiente promedio, área, longitud de la pendiente (λ) y valor de LS para las áreas de pendientes menores y mayores que 9% considerando sectores superior, medio e inferior de la microcuenca bajo estudio

CONCLUSIONES

La aplicación de diferentes rutinas provistas por los SIG sobre un mapa básico de curvas de nivel permitió determinar el factor LS involucrado en un modelo de erosión hídrica. La metodología propuesta, mediada por esta tecnología específica, posibilitó contemplar la variabilidad espacial de la topografía en una microcuenca agrícola y, por consiguiente, obtener valores del factor LS que reflejan el gradiente de las pendientes en los diferentes sectores bajo estudio.

REFERENCIAS

- Besteiro, S.I. y Gaspari, F.J. (2012). Modelización de la emisión de sedimentos en una cuenca con forestaciones del Noreste Pampeano. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 44(1), 111-127.
- Casas, R. (2015). La erosión del suelo en Argentina (pp. 433-452). En R. Casas y G. Albarracín G (eds.) *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina*. Buenos Aires: Prosa.
- Colazo, J.C.; Carfagno, P.; Gvozdenovich, J. y Buschiazzi, D. (2019). Soil erosion (pp. 239-250). En G. Rubio, R. Lavado y F.X. Pereyra (eds.) *The Soils of Argentina*. Cham: Springer International Publishing.
- Delgado, M.I.; Gaspari, F.J. y Kruse, E.E. (2015). Land use changes and sediment yield on a hilly watershed in Central-East Argentina. *Soil and Water Research*, 10, 189-197.
- Gaspari, F.J.; Senisterra, G.E.; Delgado, M.I.; Rodríguez Vagaría, A. y Besteiro, S. (2009). *Manual de manejo integral de cuencas hidrográficas*. Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Gwapedza, D.; Nyamela, N.; Hughes, D.A.; Slaughter, A.R.; Mantel, S.K. y van der Waal, B. (2021). Prediction of sediment yield of the Inxu River catchment (South Africa) using the MUSLE. *International Soil and Water Conservation Research*, 9(1), 37-48.
- McCool, D.K.; Brown, L.C.; Foster, G.R.; Mutchler, C.K. y Meyer, L.D. (1987). Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, 30(5), 1387-1396.
- Merritt, W.S.; Letcher, R.A. y Jakeman, A.J. (2003). A review of erosion and sediment transport models. *Environmental modelling & software*, 18(8-9), 761-799.
- Morgan, R.P.C. (2005). *Soil erosion and conservation* (3rd ed.). Oxford, Reino Unido: Blackwell Publishing.
- Pandey, A.; Chowdary, V.M. y Mal, B.C. (2009). Sediment yield modelling of an agricultural watershed using MUSLE, remote sensing and GIS. *Paddy and Water Environment*, 7(2), 105-113.
- Sadeghi, S.H.R.; Gholami, L.; Khaledi Darvishan, A. y Saeidi, P. (2014). A review of the application of the MUSLE model worldwide. *Hydrological Sciences Journal*, 59(2), 365-375.
- Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. *Handbook*, (537). Science and Education Administration, United States Department of Agriculture.
- Williams, J.R. y Berndt, H.D. (1977). Sediment yield prediction based on watershed hydrology. *Transactions of the ASAE*, 20(6), 1100-1104.

ESPACIO TEMPORALIDAD DEL COVID-19 EN SANTA FE: ANÁLISIS PROVINCIAL Y METROPOLITANO MEDIANTE MAPAS DE CALOR

Javier Gómez

Universidad Nacional del Litoral. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Palabras clave: Covid-19; Santa Fe; Áreas metropolitanas; Mapa de calor

RESUMEN

El Covid-19 irrumpió hacia fines del año 2019 en China (Buzai, 2020) y su proceso de diseminación a escala planetaria durante 2020 se convirtió en pandemia (OMS, 2021a) y actualmente, aunque la disponibilidad de vacunas seguras y eficaces supone un cambio radical (OMS, 2021b), el proceso expansivo presenta un gran desarrollo y todavía se desconoce de modo claro su tendencia.

Frente a este reto surgieron interrogantes, análisis y respuestas desde distintos campos del conocimiento. Desde la Geografía, algunas indagaciones comenzaron en torno al comportamiento espacial del nuevo coronavirus o el impacto territorial de sus distintas aristas. Fue así como los mapeos, los geoportales y el avance de la pandemia en tiempo real, a distintas escalas vienen siendo aportes relevantes que, así como articulan la denominada Geografía de la Salud y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Pickenhayn, 2009; Buzai, 2009; Buzai y Humacata, 2016), al mismo tiempo han colocado a los geógrafos en un lugar destacado en las discusiones interdisciplinarias.

De este modo, el análisis espacial y, particularmente, de búsqueda de patrones espaciales de la pandemia adquirió notoriedad. Al conocer la información del posicionamiento de la ocurrencia de eventos relacionados al nuevo coronavirus, surgió el interés de conocer qué tipo de distribución presentaban los datos bajo estudio, y cómo se diseminaban en tiempo y espacio. En este marco, cobra relevancia la búsqueda de patrones de distribución concentrada dentro del territorio con la finalidad de describir el comportamiento de algunos fenómenos y de la adopción de acciones y toma de medidas orientadas a su administración y mitigación.

Es así como el análisis estadístico espacial ofrece diferentes procedimientos para avanzar en esa línea. En este contexto, dentro de los análisis de densidad, se han desarrollado los estudios de los mapas de calor. Mediante estos procesos es posible identificar las áreas donde se produce la mayor densidad de un evento. Por este motivo las técnicas basadas en análisis de mapas de calor se configuran como muy útiles para el tratamiento y la prevención de diversas problemáticas que afectan a la calidad de vida de las personas. Particularmente, los análisis de densidad no son un análisis de mapa de calor propiamente dicho, sino un método de interpolación que estima la probabilidad de que ocurra cierto evento en un área determinada, quedando, de este modo, identificadas las áreas de mayor riesgo.

El concepto de densidad espacial alude a una relación entre el nivel de presencia de un fenómeno en un lugar y la superficie del mismo. En Kernel debe establecerse la superficie o ámbito de referencia de acuerdo con criterios relacionados con la naturaleza del fenómeno. Este tipo de enfoque se suele desarrollar en los sistemas de información geográfica a partir de capas vectoriales con entidades puntuales. En el análisis de densidad por medio de una capa raster se crea una superficie curva sobre cada punto de entrada, usando cálculos de vecindad a partir de un radio circular de búsqueda de bloques de *pixels*. El valor de densidad es más alto en la ubicación del punto y disminuye progresivamente con la distancia desde el punto y alcanza valor cero en el borde del radio de búsqueda. A cada punto es posible asignarle, además, un valor o un peso, que puede ser utilizado para aumentar la influencia de ciertos elementos en el mapa de calor resultante. “La herramienta densidad considerará dónde se encuentra cada punto en relación con el resto de los puntos. Luego, las celdas más cercanas a los puntos, reciben proporciones más altas de la cantidad medida que aquellas que se encuentran más alejadas” (Tisnés, 2012, p. 95).

Si bien la evidencia disponible sobre los análisis de puntos calientes es especialmente

frecuente en relación a temáticas sobre delito, hay aplicaciones a otras temáticas. Con respecto al primer tópico mencionado, en los últimos años, fueron demostradas las ventajas de focalizar los esfuerzos de prevención en los puntos críticos donde se concentra la delincuencia. El argumento se sustenta en el hecho de que usualmente, escasos y pequeños lugares son generadores de buena parte de los problemas de delincuencia y, por lo tanto, por medio de la prevención de la misma, se la podrá reducir nivel general.

De este modo, la importancia de la identificación de áreas de concentración se relaciona con el riesgo o con posibles focos de interés o de intervención. Diversos trabajos empíricos han mostrado que los brotes de la pandemia del Covid-19 están muy regionalizados y el grado de concentración geográfica varía entre los países e incluso los casos tienden a estar concentrados en escasas ciudades o ámbitos regionales (Woods, 2020). El mencionado autor hace hincapié en la importancia de la concentración geográfica “porque, si bien los focos iniciales suelen estar en regiones bien conectadas y más prósperas, hay evidencias de que, a medida que un brote se extiende, las áreas menos desarrolladas son las más afectadas” (Woods, 2020, párr. 6). Es así como se torna necesario analizar con más detalle la expansión geográfica de la pandemia en cada territorio y así poder reconocer sus particularidades en diferentes contextos y escalas.

Es por eso que, en el contexto de temáticas de salud, y particularmente, de la pandemia del Covid-19, varios trabajos desde un primer momento se orientaron a buscar dar un rápido abordaje sobre la cuestión del comportamiento espacio-temporal del nuevo coronavirus, tanto en Argentina como en el contexto latinoamericano.

En ese sentido, en Argentina, Ramírez (2020) buscó analizar la distribución y difusión de la pandemia en Argentina durante el primer mes de ocurrencia del primer caso confirmado. A escala provincial, en Buenos Aires, Lucero (2020), Buzai (2020) y Humacata (2020), se abocaron a trabajar las particularidades y complejidades de la evolución de casos en la provincia de Buenos Aires, tanto a escala provincial, como metropolitana y regional -cuenca del río Luján-, respectivamente.

Particularmente, los análisis de densidad han tenido cabida con el objeto de efectuar el estudio espacial de la distribución de los casos confirmados a fin de poder implementar medidas sanitarias y priorizar zonas para atención de las enfermedades y el desarrollo de estrategias para su control. Un estudio desarrollado en la ciudad de Cali (Colombia) señaló que la distribución espacial de los casos de Covid-19 tiende a concentrarse inicialmente en el norte y sur de la ciudad, con una dinámica cambiante hacia el oriente y occidente, lo cual permite concluir que el patrón espacial identificado puede estar influenciado por las medidas de aislamiento tomadas a nivel local y nivel nacional (Cuartas et al., 2020).

Este trabajo busca indagar acerca de las características espacio-temporales de la pandemia del Covid-19 en la provincia de Santa Fe y particularmente en sus dos principales áreas metropolitanas: Rosario y Santa Fe, a partir de un análisis de mapas de calor utilizando sistemas de información geográfica (SIG). En la metodología se propone trabajar con incidencias acumuladas y tasas de mortalidad mensuales para los 363 distritos santafesinos calculadas a partir de los partes diarios de Covid-19 del Ministerio de Salud provincial. Los datos poblacionales serán obtenidos del IPEC (2020). Para obtener la densidad de la incidencia de casos se empleará la Estimación de Densidad del Núcleo -Kernel- disponible en el *software* Quantum Gis. Con los resultados se espera hallar evidencias que constituyan una herramienta destinada a la implementación de distintas estrategias de intervención frente a la pandemia.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se trata de la provincia de Santa Fe, jurisdicción subnacional argentina que cuenta con una población estimada al año 2020 (IPEC, 2020) de 3.536.418 habitantes, ubicándose en el 3° puesto nacional. La provincia de Santa Fe se integra de 19 unidades departamentales y de 363 distritos (gobiernos locales). La estructura territorial de la provincia, si se tienen en cuenta algunas variables, da cuenta de una mayor presencia de distritos en el centro y el sur del territorio, donde en general hay una mayor densidad poblacional, en

comparación con el norte santafesino, más ruralizado. A su vez, existe una notoria disimilaridad en el tamaño poblacional de los distritos en la provincia. La media poblacional de los distritos es de 9.742,2 habitantes. La mediana es de 1.811 habitantes. Son 168 los distritos que tienen 2.000 o más habitantes y 195, rurales. Entre los urbanos, por un lado, los municipios de Rosario y Santa Fe constituyen dos cabeceras metropolitanas de escala provincial y cuentan en la actualidad con 1.002.076 y 429.026 habitantes, respectivamente (figura 1). Los distritos de tamaño intermedio y pequeños, son muy importantes cuantitativamente, y conforman una densa red en el centro-sur del territorio. Si bien sus densidades son las más bajas del territorio, probablemente la densa red que conforman y el hecho de que varios de ellos son centros de servicios hace que la circulación y el intercambio por razones sociales y económicas sea fluida. Estos factores podrían haber favorecido una propagación del virus a diferentes ritmos o en diferentes momentos.

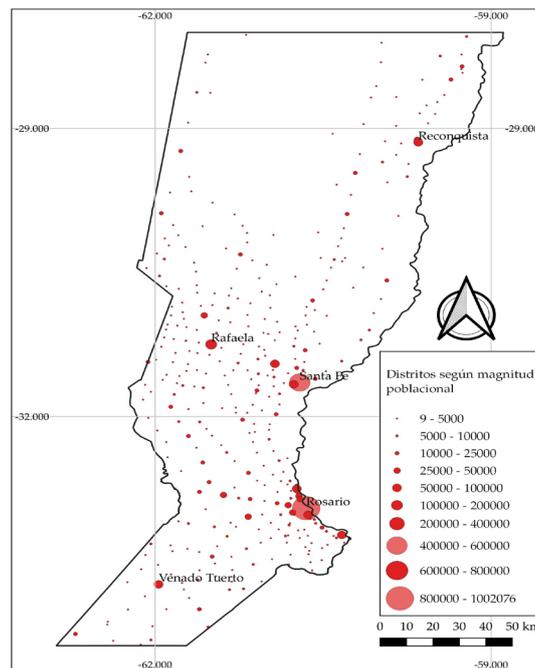


Figura 1. Provincia de Santa Fe. Distritos según magnitud poblacional

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología propuesta se sustenta en distintos pasos. En primer lugar, la base de datos gráfica correspondiente a los “distritos” se sustenta en un modelo vectorial de entidades de tipo puntual, editada como archivo de tipo *shapefile* (.shp), a partir de la capa original de “distritos” que está disponible en el sitio web del Instituto Geográfico Nacional (<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>). A dicha base de datos gráfica se vinculará una base de datos alfanumérica conformada con información obtenida del sitio *web* del Ministerio de Salud de la Provincia de Santa Fe (<https://www.santafe.gob.ar/ms/covid19/partes-e-informes-diarios/>), el cual pone a disposición un reporte diario de situación de Coronavirus en la provincia de Santa Fe y para cada uno de los distritos. En este caso particular, proponemos tomar los datos diarios desde el 14 de marzo de 2020 al 31 de mayo de 2021, es decir, desde el momento inicial de los registros de casos confirmados y decesos por lugar de residencia hasta la actualidad. Los datos se sistematizarán mensualmente y se estipula trabajar con tasas de incidencia y mortalidad teniendo en cuenta la disimilitud en cuanto a la magnitud poblacional de los distritos santafesinos. El dato poblacional utilizado para calcular las incidencias de casos es una estimación realizada por el Instituto Provincial de Estadística y Censos de Santa Fe para el año 2020 (IPEC, 2020). Con respecto a la decisión de la adopción de tasas, se entiende que es una forma de proporcionalizar los datos de ocurrencia

de casos ajustándolos a la realidad poblacional de cada lugar, lo cual puede otorgar una medida del grado de impacto de los casos en cada contexto poblacional.

Para el análisis de Densidad, se utilizará el método de suavización espacial de Kernel disponible en el software Quantum Gis, denominada Estimación de Densidad del Núcleo (Mapa de Calor). El análisis de densidad es uno de los principales métodos para reconocer patrones de distribución, como es el caso del Covid-19, identificar de manera adecuada la concentración (“puntos calientes”) de la incidencia de casos confirmados y así determinar posibles áreas de acción.

REFERENCIAS

- Buzai, G. (2009). Sistemas de Información Geográfica en Geografía de la Salud (pp. 111-134). En J. Pickenhayn (comp.) *Salud y enfermedad en geografía*. Buenos Aires: Editorial Lugar.
- Buzai, G. (2020). De Wuhan a Luján. Evolución espacial del Covid-19. *Revista Posición. Dossier: análisis espacial geográfico del Covid-19*, (3).
- Buzai, G. y Humacata, L. (2016). *Implementación de Tecnologías de la Información Geográfica en la Enseñanza de la Geografía*. Buenos Aires: MCA Libros.
- Cuartas, D.; Arango-Londoño, D.; Guzmán-Escarria, G.; Muñoz, E.; Caicedo, D.; Ortega, D.; Fandiño-Losada, A.; Mena, J.; Torres, M.; Barrera, L. y Méndez, F. (2020). Análisis espacio-temporal del SARS-coV-2 en Cali, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 22(2), 1-6.
- Humacata, L. (2020). Análisis espacial del COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina), durante los meses de marzo a agosto de 2020. *Revista Cardinalis*, año 8, (15), 263-278.
- IGN Instituto Geográfico Nacional (2021). Recuperado de <https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG> Acceso en: 15 mayo 2021.
- IPEC Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (2020). *Proyecciones de Población por Departamento*. Recuperado de <http://www.estadisticasantafe.gov.ar/contenido/proyecciones-de-poblacion-por-departamento/> Acceso en: 15 mayo 2021.
- Lucero, P. (2020). Distribución y evolución espacial del COVID-19 en Provincia de Buenos Aires. Boletín informativo del CEGLU. Instituto de Investigaciones Geográficas. Universidad Nacional de Luján.
- Ministerio de Salud de Santa Fe (2020). *Situación de los casos descartados, confirmados y sospechosos en estudio de Coronavirus*. Recuperado de <https://www.santafe.gov.ar/ms/covid19/partes-e-informes-diarios/> Acceso en: 10 junio 2021.
- Ministerio de Salud (2021). República Argentina. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/coronavirus/informes-diarios/partidos-de-alto-riesgo> Acceso en: 10 junio 2021.
- OMS (2021a) *Organización Mundial de la Salud, COVID-19: cronología de la actuación de la OMS*. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19> Acceso en: 15 mayo 2021.
- OMS (2021b) *Organización Mundial de la Salud, Vacunas contra la COVID-19*. Recuperado de <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/covid-19-vaccines> Acceso en: 10 junio 2021.
- Pickenhayn, J. (2009). *Salud y enfermedad en geografía*. Buenos Aires: Editorial Lugar.
- Ramírez, L. (2020). Evolución, distribución y difusión del COVID-19 en Argentina: primer mes (03/03/2020 - 02/04/2020). *Revista Posición*, (3), 1-12. Dossier: Análisis geográfico del COVID-19.
- Tisnés, A. (2012). Análisis de la mortalidad en la ciudad de Tandil utilizando Sistemas de Información Geográfica. *Revista Universitaria de Geografía*, 21, 89-111.
- Woods, M. (2020). UK has wider regional Coronavirus spread than rest of Europe – academics. Nota de Prensa de la Universidad de Aberystwyth. Recuperado de <https://www.aber.ac.uk/en/news/archive/2020/06/title-232828-en.html> Acceso en: 15 mayo 2021.

VARIACIÓN TEMPORAL DEL RETARDO TROPOSFÉRICO EN DATOS SAR ENTRE 2007-2011 EN LAS ZONAS VOLCÁNICAS NORTE, CENTRO Y SUR DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES

Fernanda López Pozo
Universidad de Concepción

Rodrigo Abarca Del Río
Universidad de Concepción

Luis Lara Pulgar
Sernageomin

Palabras clave: Corrección troposférica; Climas de Koppen-Geiger; Imágenes SAR; Interferogramas SAR

La generación de datos mediante sensores activos como las imágenes SAR (Synthetic Aperture Radar) poseen múltiples errores que deben ser corregidos, tales como: producto del DEM, ionosférico, de trayectoria y troposférico. Todos estos están bastante bien estimados menos la corrección troposférica.

El retardo troposférico corresponde al retardo de la fase de la onda producido por su refracción en las partículas de la atmósfera terrestre. Las variables atmosféricas de las cuales depende la magnitud de este error son: la temperatura, presión y humedad relativa. Las dos primeras variables controlan mayoritariamente la componente seca, mientras que el último factor controla el aporte húmedo del retardo troposférico total diario.

Este trabajo tiene como objetivo investigar cómo las diferentes zonas volcánicas Norte (NVZ), Centro (CVZ) y Sur (SVZ) de la cordillera andina son controladas por distintos climas, y así comprender cómo afecta el valor de la corrección troposférica. Según los climas de Koppen-Geiger (Beck et al., 2018), estas zonas volcánicas poseen climas predominantemente tropicales, desérticos y templados respectivamente, y para esto se generó una corrección troposférica utilizando el software TRAIN (Bekaert et al., 2015a; b) con datos ERA-5 (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>) entre el 2007-2011 en diez volcanes distribuidos en las tres zonas volcánicas: Nevados del Ruiz, Galeras, Reventador, Hualca-hualca, Uturuncu, Robledo, Copahue, Llama, Cordón Caulle y Chaitén.

Dentro de los resultados obtenidos encontramos que los aportes de los diferentes componentes, seco y húmedo a la corrección troposférica, varían a lo largo de las zonas volcánicas de los andes. Por ejemplo, el aporte húmedo al retardo total diario varía desde 10% en la NVZ hasta un 1% en CVZ. Pero, si bien la componente seca es la que posee mayor magnitud, esta a lo largo del año varía muy poco con respecto a su media. Mientras que el aporte húmedo tiene poca magnitud pero con mayores variaciones estacionales. De tal forma que la componente húmeda aumenta o disminuye en distintos periodos del año, coincidentes con periodos lluviosos, tales como el invierno altiplánico en la CVZ.

Para generar la corrección troposférica en los interferogramas se calcula la diferencia de retardos troposféricos diarios totales de los momentos en que se han adquirido las imágenes SAR. De esta manera, al ser más estable el aporte seco, es la componente húmeda la que domina mayormente en las variaciones de la corrección troposférica total. Con lo cual se concluye que, tanto la zona climática como su variabilidad estacional afectan muy fuertemente la corrección troposférica a lo largo de los andes.

REFERENCIAS

- Beck, H.; Zimmermann, N.; McVicar, T. et al. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci Data* 5, 180214. doi: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Bekaert, D.P.S.; Hooper, A. y Wright, T. J. (2015a). A spatially variable power law tropospheric correction technique for InSAR data. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 120: 1345–1356. doi: 10.1002/2014JB011558.
- Bekaert, D.P.S.; Walters, R.J.; Wright, T.J.; Hooper, A.J. y Parker, D.J. (2015b). Statistical comparison of

InSAR tropospheric correction techniques. *Remote Sensing of Environment*, 170, 40-47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.08.035>.

VALIDACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO URBANO 2010-2020. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE LUJÁN (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Noelia Principi

Universidad Nacional de Luján. Instituto de Investigaciones Geográficas

Palabras clave: Simulación de crecimiento urbano; MOLUSCE (*Modules Of Land Use Change Evaluation*); Inteligencia Artificial; Autómatas Celulares; ciudad de Luján

INTRODUCCIÓN

La modelización de los procesos de expansión urbana ha adquirido especial importancia en los últimos años, principalmente como herramienta que permite estimar el impacto del crecimiento urbano futuro sobre el entorno. La temática está presente en la agenda internacional y según las consideraciones de Hábitat III¹ se estima que para el 2030, un 60% de la población mundial vivirá en ciudades y el 95% de la expansión urbana se producirá en los países en desarrollo. Las medidas adoptadas por la “Agenda 2030” de la Organización de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2016), incluyen el planteamiento de 17 “Objetivos de Desarrollo Sostenible” entre los que se encuentra lograr “ciudades y comunidades sostenibles”², resaltando la importancia de abordar la problemática del crecimiento urbano incontrolado, especialmente en los países en desarrollo, con infraestructuras y servicios inadecuados y/o sobrecargados.

El trabajo presenta la aplicación y validación de un modelo de simulación de crecimiento urbano 2010-2020 basado en inteligencia artificial y autómatas celulares, en la ciudad de Luján (Buenos Aires).

Se utiliza la herramienta MOLUSCE (*Modules Of Land Use Change Evaluation*) desarrollada especialmente para el análisis de cambios en el uso de suelo, disponible en el Sistema de Información Geográfica (SIG) libre QGIS 2.18, detallando las diferentes etapas metodológicas del modelado y su validación a través de estadísticos Kappa.

MODELO DE SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO URBANO CON MOLUSCE EN QGIS

La herramienta MOLUSCE (*Modules for Land Use Change Evaluation*) fue diseñada especialmente para analizar, evaluar, modelizar y simular cambios y escenarios futuros de uso del suelo. En este trabajo se la utiliza para la aplicación y validación del modelado de expansión urbana 2010-2020 en Luján, a partir de una Red Neuronal Artificial (RNA) y Autómatas Celulares (AC). A continuación se presentan los métodos y algoritmos utilizados, que fueron detallados por Asia Air Survey y NextGIS (2014).

El primer procedimiento consiste en la normalización de las variables explicativas a partir del puntaje Z [1]:

$$[1] \quad Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$$

donde Z es la variable normalizada; X la variable considerada, \bar{X} la media de X y σ la desviación estándar de X .

Luego, se realiza el análisis de cambios de usos del suelo en dos tiempos, denominados tiempo 1 (T1) y tiempo 2 (T2), con el objetivo de calcular la superficie y localización de los cambios. Se realiza una matriz de transición que calcula la superficie ocupada por cada uso en

1 Hábitat III fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible desarrollada en Quito, Ecuador, del 17 al 20 de octubre del 2016.

2 Resolución 70/1. Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Asamblea General de las Naciones Unidas. 21 de octubre del 2015.

T1 y T2, obteniendo valores de superficie y porcentuales de cambio. Es fundamental identificar estas tendencias porque es la base sobre la que se realiza la proyección futura, que considera el mismo rango de tiempo.

A partir de variables de entrada consideradas como factores de cambio, se aplica la Red Neuronal Artificial (RNA) perceptrón multicapa (figura 1) que utiliza capas de entradas, capas ocultas y capa de salida, compuestas por una serie de neuronas que se encargan de recibir, procesar y enviar datos hacia otras neuronas a partir de un flujo de información unidireccional que se activa al recibir información de la capa anterior, ponderarla, sumarla y luego a partir de una función de activación se producen las salidas de la neurona, es decir, la predicción (Mas, 2017).

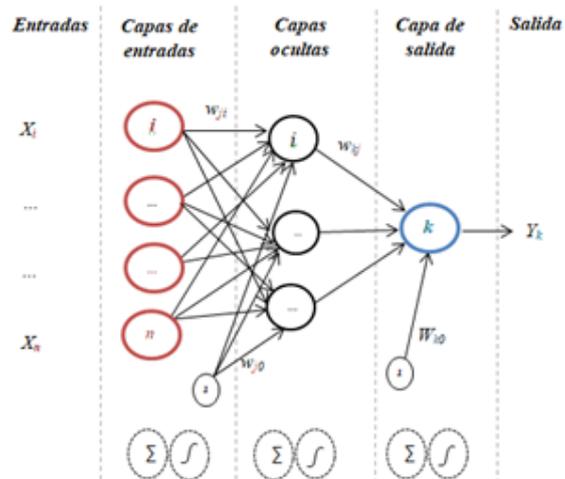


Figura 2. Representación de un perceptrón multicapa
Fuente: Adaptado de Mas (2017, p. 56)

En la figura, X son las capas de entrada (variables explicativas); w_{ji} , el peso de conexión entre la capa, o neurona, de entrada i y la capa o neurona oculta j ; w_{kj} , el peso de conexión entre la neurona oculta j y la neurona de salida k ; y el peso w_{j0} se considera como un peso asociado con una neurona ficticia con un valor de salida igual a 1. Debajo aparecen representados el símbolo de sumatoria, que corresponde a la función de red, y el de la función sigmoidea, que corresponde al procedimiento de activación.

Las conexiones entre las neuronas se modelan mediante pesos numéricos que establecen el grado de correlación, a su vez estos pesos son ajustados durante la etapa de entrenamiento de la red y luego cada neurona envía a las neuronas de la siguiente capa un valor conocido como valor de activación.

Durante el entrenamiento de la RNA, se utiliza un algoritmo de aprendizaje que tiene la capacidad autónoma para analizar la precisión alcanzada, y realizar su propia validación del modelo, almacenando la mejor red neuronal en la memoria, utilizando un algoritmo de retropropagación clásico el procedimiento de aprendizaje. La corrección de pesos se realiza como [2]:

$$[2] \quad w(n+1) = r * dw(n) + m * dw(n-1)$$

donde w es un vector de pesos de neuronas, dw es un vector de cambios de pesos, n es un número de iteración, r es la tasa de aprendizaje, m es el momento. Se utiliza un aprendizaje en línea estocástico, seleccionando una muestra aleatoria del conjunto de aprendizaje y los pesos de la red se van actualizando durante el entrenamiento.

El error de ajuste es el error cuadrático medio de las salidas parciales de la red [3]:

$$[3] \quad E = \frac{t_i - o_i}{d}$$

donde E es un error de muestra, t_i es el valor objetivo de una neurona de salida para una muestra

determinada, o_i es el valor de salida real de la neurona, d es el recuento de neuronas de salida.

Así, se obtiene diferente información sobre el aprendizaje: un gráfico de los errores cuadrados medios, el error general de validación mínima que considera el mejor resultado obtenido por la red y la precisión global delta que es la diferencia entre el error de validación mínimo y el error de validación actual.

Luego se continúa con el modelado a partir de los Autómatas Celulares (AC) utilizando los datos de entrada correspondiente al T2 de donde obtiene la información sobre las categorías actuales de usos del suelo, las variables explicativas y el modelo resultado de la RNA.

El modelo predictor basado en AC considera las probabilidades de cambio según la matriz de transición y realiza el recuento de celdas que deben cambiarse para cada clase de transición; escanea las celdas vecinas y calcula los potenciales de transición. De esta manera, las celdas logran una evolución, según una determinada expresión matemática, que es sensible a los estados de las células vecinas a través de una regla de transición local. Existen diferentes tipos de análisis de vecindad. En MOLUSCE se utiliza la vecindad de Moore que considera todas las celdas que rodean a la central, con diferentes proximidades desde (figura 2).

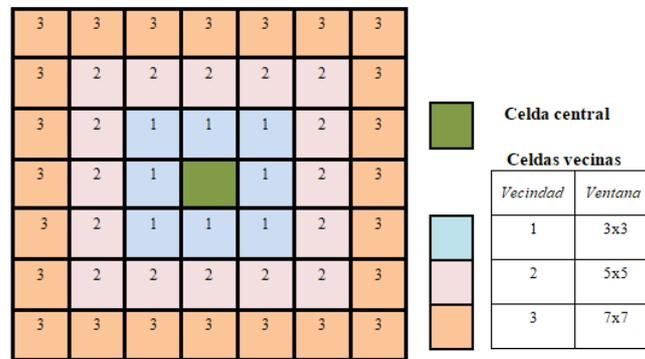


Figura 2. Vecindad de Moore con diferentes proximidades
Fuente: elaboración personal

Para cada clase de transición, el modelo busca las transiciones más probables realizando un recuento de celdas con la mayor confianza y cambia la categoría de las mismas según corresponda. Al final de cada iteración del modelo, que corresponde a 1 año de crecimiento, las celdas con mayor potencial de transición se transforman en urbanas, dando lugar al mapa final que muestra el modelo de simulación de crecimiento urbano futuro.

Como paso final se realiza la validación del modelo, se verifica la precisión de la simulación a partir de estadísticas Kappa que permiten establecer la correspondencia de los resultados con la siguiente característica:

$$[4] \quad -1 \leq k \leq 1$$

Si el valor de Kappa es cercano a 1 indica mayor nivel de correspondencia (Landis y Koch, 1977), como indica la siguiente escala de valoración (tabla 1):

Valor de Kappa	Grado de acuerdo
< 0,00	Pobre
0 - 0,20	Leve
0,21 - 0,40	Aceptable
0,41 - 0,60	Moderado
0,61 - 0,80	Considerable
0,81 - 1	Excelente

Tabla 1. Grado de acuerdo del índice Kappa

La validación computacional del modelo utiliza tres estadísticas de Kappa. El índice Kappa general mide la correspondencia del mapa resultado de la simulación con el mapa de

validación y se define como [5]:

$$[5] \quad k = \frac{P(A)-P(E)}{1-P(E)}$$

El índice Kappa localización mide la similitud de la asignación espacial de las categorías en los dos mapas comparados y se define como [6]:

$$[6] \quad k_{loc} = \frac{P(A)-P(E)}{P_{max}-P(E)}$$

El índice Kappa histograma se calcula directamente desde los histogramas de los mapas y mide la similitud cuantitativa de los dos mapas comparados. Se define como [7]:

$$[7] \quad k_h = \frac{P_{max}-P(E)}{1-P(E)}$$

donde:

$$P(A) = n \sum_{i=1}^c p_{ii}$$

$$P(E) = n \sum_{i=1}^c p_{iT} p_{Ti}$$

$$P_{max} = n \sum_{i=1}^c \min(p_{iT}, p_{Ti})$$

p_{ii} son los valores de la diagonal principal, P_{iT} el total de las observaciones en la fila i , p_{Ti} el total de observaciones en la columnas i , n el total de píxeles del área de estudio y c la cantidad de filas de la matriz de cruce tabular.

Con esto culmina el proceso de aplicación y validación del modelo de simulación del crecimiento urbano, automatizado en QGIS.

APLICACIÓN A LA CIUDAD DE LUJÁN

Luján (figura 3) es una ciudad de tamaño intermedio que, según datos del último Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas en el año 2010, contaba con 78.346 habitantes. Se encuentra a 68 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires pero si consideramos su mancha urbana, es decir, la ciudad desde un punto de vista físico como aglomeración, se encuentra separada a solo 2 km del extremo del corredor Oeste del Gran Buenos Aires (Humacata, 2017). La ciudad, en constante expansión, forma parte de la Región Metropolitana de Buenos Aires con un gran dinamismo, característico de las aglomeraciones de tamaño intermedio en el país.

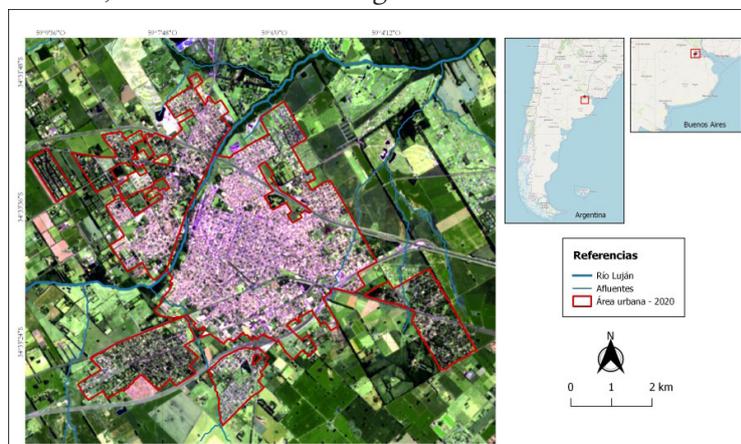


Figura 3. Imagen satelital de la ciudad de Luján

Fuente: elaboración personal en base a imagen satelital Sentinel-2B. European Space Agency. 04/03/2020. Falso color urbano (12, 11, 4)

Los pasos metodológicos desarrollados en MOLUSCE para obtener el escenario futuro de expansión urbana en Luján al año 2020 y la validación del modelo se presentan a continuación.

Datos de entrada

Se utilizaron los mapas de uso del suelo T1 y T2, años 2000 y 2010, que fueron realizados y facilitados por Humacata (2017) a partir de una clasificación digital y visual de imágenes satelitales Landsat 5 (sensor TM) con fechas 11/01/2000 y 8/12/2010 respectivamente, y un pixel de 20 metros de lado (figura 4).

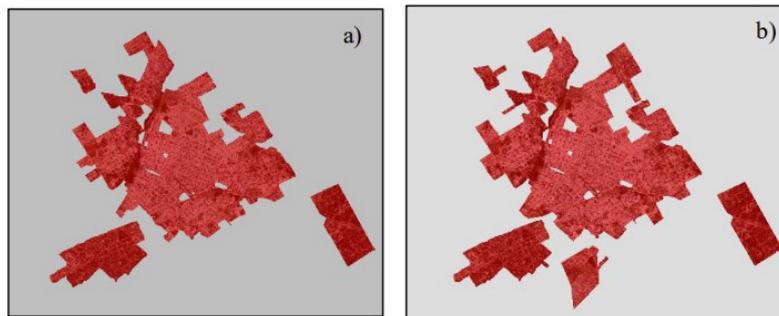


Figura 4. Uso del suelo urbano en Luján a) T1: Urbano 2000. a) T2: Urbano 2010
Fuente: Humacata (2017)

Factores de cambio

Luego, se incorporan los criterios espaciales impulsores o limitantes de cambio (figura 5):

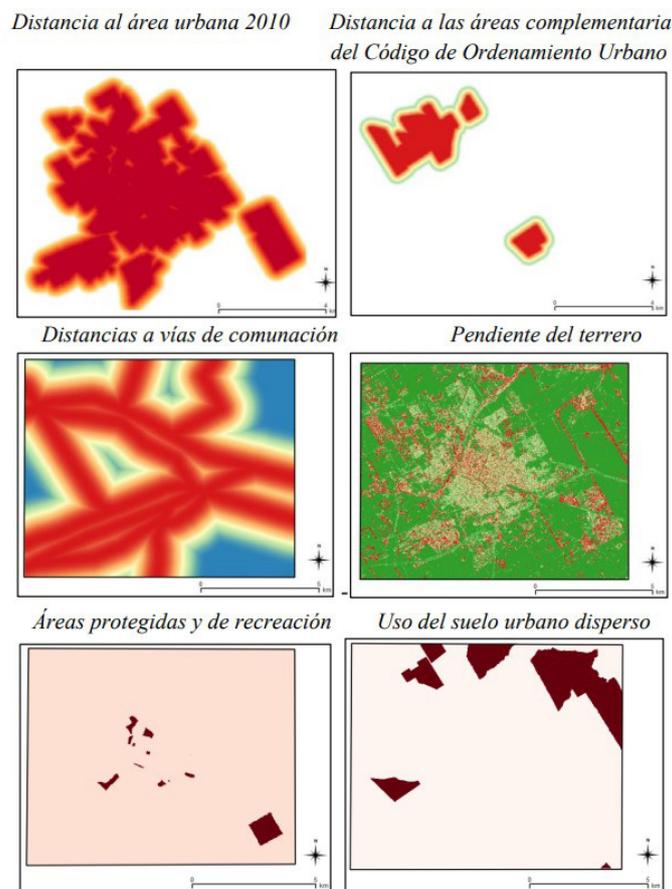


Figura 5. Factores de cambio considerados

Evaluación de la correlación

Se utiliza el coeficiente de Pearson. Los valores pueden oscilar entre -1 y 1. Los resultados se presentan a continuación

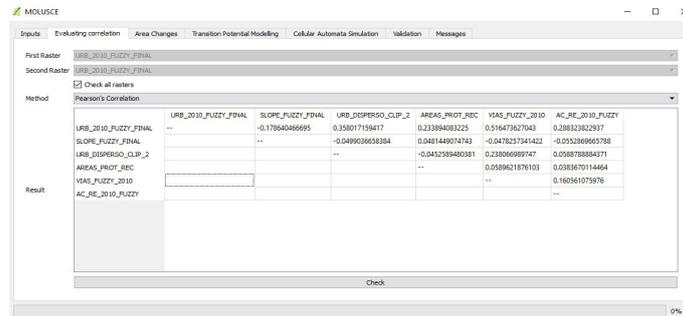


Figura 6. Matriz de correlación

Los resultados se alejan de -1 y 1, si se acercaran estaríamos ante la presencia de variables explicativas muy parecidas. En este caso la diversidad indica que existirá influencia de todas las variables al momento de la predicción.

Áreas y mapa de cambios de usos del suelo (urbano y no urbano)

Se realiza el análisis de cambios entre usos del suelo a través de estadísticas básicas y la matriz de transición que arroja valores entre 0 y 1, indicando probabilidad de cambio de “no urbano” (valor 0) a “urbano” (valor 1) en kilómetros cuadrados (figura 7) y luego se obtiene el mapa de cambios 2000-2010 (figura 8).

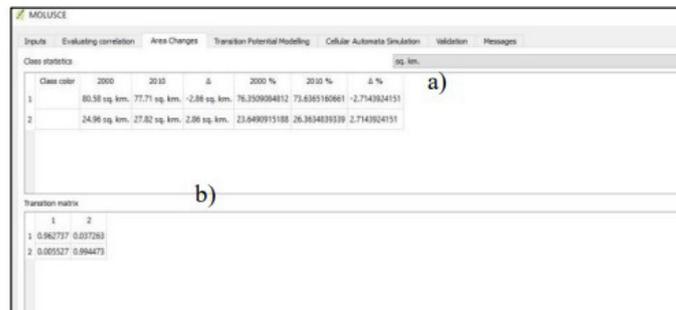


Figura 7. Estadísticas básicas (a) y matriz de transición (b)

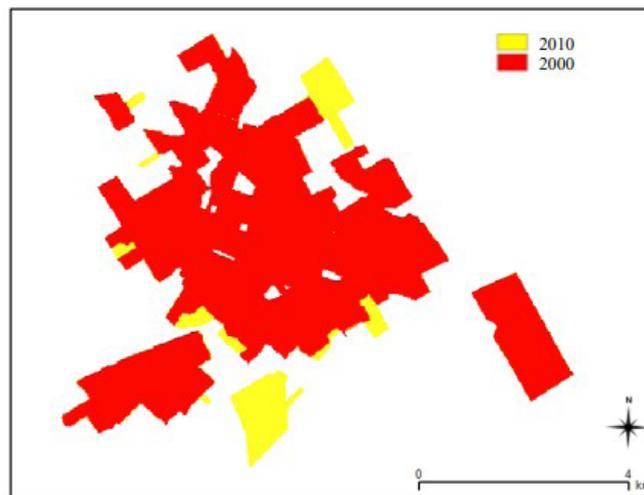


Figura 8. Mapa de cambios 2000-2010

Modelo de transición: resultado del entrenamiento de la red neuronal artificial

Se seleccionaron aleatoriamente 5.000 puntos de muestra que se utilizarán para la calibración y validación del modelo, se definió una vecindad de 1 (3x3), el ritmo e impulso de aprendizaje de 0,005, el número de iteraciones en 10.000 y la cantidad de capas ocultas en 8. La figura 9 presenta el resultado del entrenamiento de la red neuronal que arrojó un error global menor a 5% (0,05) y un índice Kappa general de 0,90.

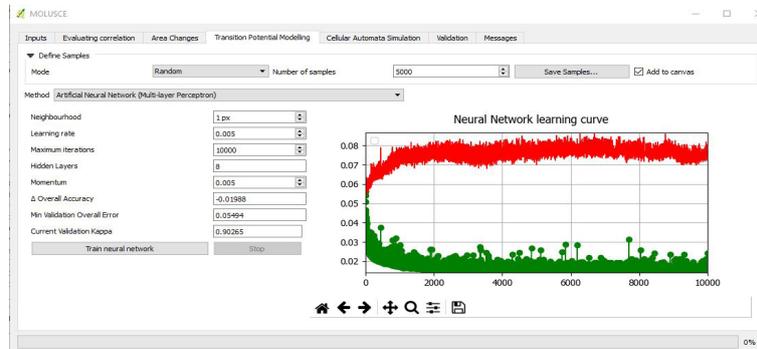


Figura 9. Entrenamiento de la red neuronal artificial en MOLUSCE

Simulación de uso del suelo de expansión urbana al 2020

Se aplica el modelo predictor de AC para obtener el mapa de uso del suelo urbano al año 2020 (figura 10). Una vez finalizada la proyección, es posible validar el modelo.

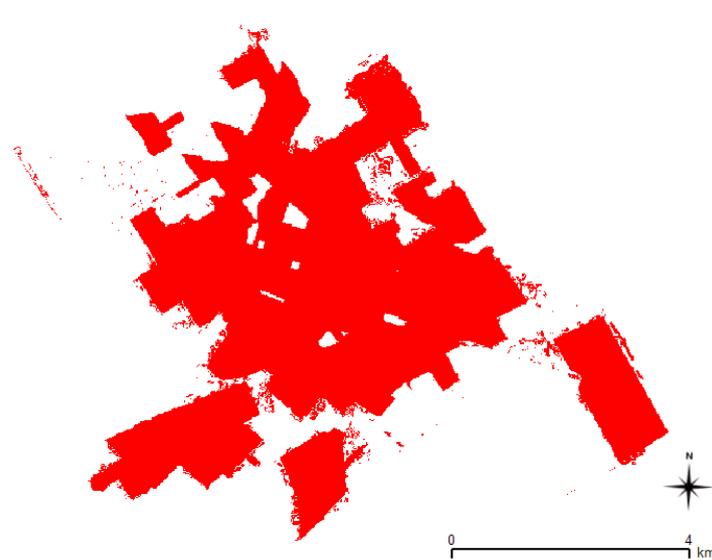


Figura 10. Modelo de simulación de expansión urbana al 2020

Validación de la simulación

Se realizó la validación con el mapa de uso del suelo urbano real del 2020 (figura 11) y se obtuvo una correspondencia entre el mapa simulado y el mapa real de 94,59% y un índice Kappa de 0.87 lo que indica un muy buen resultado en la simulación y permite considerar que este modelado resultó óptimo para realizar la simulación en Luján al 2020, y brinda seguridad para realizar una nueva simulación al 2030 (figura 12).



Figura 11. Mapa de uso del suelo urbano real 2020



Figura 12. Resultado de la validación

CONCLUSIONES

La implementación de modelos de simulación para la predicción de escenarios urbanos futuros, que se encuentren correctamente validados, se presentan como una excelente herramienta de apoyo a las decisiones espaciales en el marco del ordenamiento territorial, ya que a partir de estos se generan nuevos conocimientos que permiten avanzar en la elaboración de propuestas que favorezcan la planificación territorial a escala local.

La combinación del modelado basado en una RNA y AC, permitió la generación de un escenario futuro de expansión urbana en la ciudad de Luján, evidenciando valores de crecimiento altos, en correspondencia con el gran dinamismo que tienen las aglomeraciones de tamaño intermedio en el país. La validación realizada arrojó resultados de concordancia muy altos, siendo alentador para la aplicación futura de este modelado.

REFERENCIAS

- Asia Air Survey y NextGIS. (2014). *Molusce. Modules for Land Use Change Evaluation*. Recuperado de https://wiki.gis-lab.info/w/Landscape_change_analysis_with_MOLUSCE_-_methods_and_algorithms
- Humacata, L. (2017). *Análisis espacial de los cambios de usos del suelo en partidos de interfase urbano-rural de la Región Metropolitana de Buenos Aires, en el periodo 2000-2010, mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Azul.
- Landis J.R., Koch G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.

Naciones Unidas. (2016). *Objetivos del desarrollo sostenible 17 objetivos para transformar el mundo*.

Naciones Unidas – Habitat (2016). *Urbanization and Development: Emerging Issues*. World Cities Report 2016. Nairobi.

Mas, J.F. (comp). (2017). *Análisis y modelación de patrones y procesos de cambio*. México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental - Universidad Nacional Autónoma de México.

SIMULACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS DE CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO PARA LA CIUDAD DE PASO DE LOS LIBRES (PROVINCIA DE CORRIENTES) MEDIANTE MODELOS BASADOS EN REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Laura Gómez

Universidad Nacional del Nordeste

Existe un interés creciente en conocer los cambios de los usos del suelo que se han producido en el territorio, así como las causas que los han propiciado y las consecuencias que han generado, pues dichos cambios tienen implicaciones tanto ambientales como sociales y económicas, es decir, impactan directamente sobre los aspectos fundamentales a atender con miras a un desarrollo sostenible.

Los cambios en los usos de suelo son una de las consecuencias directas de la expansión urbana. Su estudio y descripción detallada colaboran en su entendimiento (López Vázquez y Plata Rocha, 2009) y control mediante alguna forma de ordenación del territorio (Gómez Delgado et al., 2005 en Gomez Delgado y Rodriguez Espinoza, 2012), como así también a manejar de forma sostenible los recursos naturales y la protección del ambiente (Navarro Rau, 2012). En consecuencia, entender la dinámica entre los usos de suelo con funciones urbanas puede ser determinante a la hora de diagnosticar los problemas que puedan generar y las demandas que pueden requerir (Valenzuela Montes et al., 2012).

La reconstrucción de la historia de cambios de usos y cubiertas del suelo constituye un conocimiento crucial para analizar los cambios actuales y predecir los que podrían darse en el futuro, no como elemento de lo que va a pasar sino como una herramienta práctica de interpretación y análisis. (Gallardo Beltrán, 2014, p. 18)

La Geografía, entendida como una ciencia prospectiva, permite obtener escenarios de simulación relativos a posibles situaciones futuras que representan distribuciones espaciales hipotéticas (Humacata y Buzai, 2018). En tal sentido, los mapas futuros de cambios de usos de suelo se convierten en insumos potenciales para los actores involucrados en el ordenamiento y planificación de una ciudad, y a partir del análisis de los mismos, responder a demandas a corto plazo (generando un mapa a pocos años) o disminuir la incertidumbre a mediano y largo plazo. En palabras de Santos Preciado et al.

la elaboración de modelos de prospección que tengan en cuenta los procesos y tendencias actuales se convierten en una herramienta para la representación de escenarios futuros que plantean discusiones acerca de la sostenibilidad de los crecimientos, los impactos de las políticas sectoriales, etc. (2012, p. 85)

La generación de escenarios futuros en función del proceso de expansión urbana permite crear conocimiento sobre la localización de “nuevos espacios urbanos” para realizar el análisis de las condiciones o aptitudes de tales espacios de acoger dicho uso del suelo y a la vez, a la hora de planificar y ordenar la ciudad, hacerlo de forma equilibrada, por ejemplo, planificar la creación de nuevos espacios verdes y su distribución espacial teniendo en cuenta el crecimiento de la superficie urbanizada y la cantidad de habitantes que contiene.

Cabe destacar que el trabajo con escenarios futuros permite esclarecer la acción presente a la luz de futuros posibles (Goded, 2000) y, por tanto, “constituye un enfoque exploratorio, y no normativo” (Aguilera Benavente et al., 2009, p. 59). Los modelos de simulación no persiguen predecir lo que sucederá en el futuro. Esto es imposible dada la dinámica compleja e innegable que experimenta una ciudad y los procesos a diferentes escalas que la atraviesan, sumado a

las variables conductoras que influyen en los cambios y que pueden variar o acrecentar su número conforme avancen los años. Sin embargo, bajo determinadas condiciones, los resultados que se obtienen se convierten en una posibilidad de análisis de los que podría llegar a suceder. Podrían generarse entonces diversidad de escenarios (variando factores influyentes, incorporando restricciones, entre otros) que enriquezcan la cantidad de insumos existentes y colaboren en el trabajo diario de los actores ya mencionados.

(...) Los modelos urbanos y las simulaciones que se construyen proporcionan una forma económica y efectiva de evitar un diseño urbano deficiente, anticipar problemas y el crecimiento de las ciudades y el cambio en el uso del suelo, y tal vez hacer que nuestro mundo sea más sostenible. (...) La simulación tiene un papel extraordinario que desempeñar en el futuro de la planificación y la geografía urbana, y si tenemos éxito, en la creación de un futuro sostenible para todos nosotros (...) (Clarke, 2014, p. 135)

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica adquieren especial protagonismo al ser un instrumento capaz de crear observaciones (...) confrontarlas con casos reales y simular posibles configuraciones espaciales proyectadas a futuro, que permitan acceder a otra realidad y operar sobre ella a fin de extraer resultados aplicables al mundo empírico (Buzai y Baxendale, 2011). Asimismo, el uso de computadoras brinda la posibilidad de complejizar el modelo, incorporar mayor cantidad de variables o factores conductores y de esta forma acceder a un mayor conocimiento del mismo y predecir su comportamiento (Linares, 2016).

El presente trabajo tiene como objetivo general generar un escenario de usos de suelo de trayectoria lineal para el año 2030 para la ciudad de Paso de los Libres (provincia de Corrientes), usando modelos basados en redes neuronales artificiales. Para ello se seleccionaron variables consideradas importantes para la expansión urbana de la ciudad mediante un test de correlación V de Cramer (incluido dentro de módulo utilizado), se calibró el modelo basado en Redes Neuronales Artificiales (RNA) de perceptrón multicapa (MLP de *multilayer perceptron*) y se determinaron los potenciales de transición que indican la probabilidad de que de los diferentes usos del suelo muten hacia el área denominada “urbana consolidada”; por último se validó el modelo calibrado mediante la confiabilidad global y el índice Kappa. La simulación se realizó usando el módulo *Land change Modeler* (LCM) del *software* IDRISI de la Universidad de Clark. La validación del modelo se realizó haciendo uso del *software* Map Comparison Kit (MCK) desarrollado por el Research Knowledge System Institute (RIKS) que incluye una serie de algoritmos para comparar mapas ráster.

Los resultados permitieron considerar como variables o factores conductores las siguientes: la modelo digital de elevación, la distancia al área urbana consolidada, la distancia a los cursos de agua, la pendiente, la distancia al área central, la distancia al denominado centro financiero, la distancia a los equipamientos educativos de nivel primario y secundario, la distancia a las rutas nacionales y provinciales y la distancia a las áreas verdes. Además, se obtuvo un escenario de predicción “dura” que posibilitó afirmar que la ciudad tendería por un lado a fortalecer la consolidación de su área urbana tanto en los sectores centrales como hacia áreas de reciente urbanización. Asimismo, se avanza sobre la consolidación de sectores próximos al acceso principal de la ciudad (Ruta Nacional n° 117) y se observa el avance de la ciudad en sectores no deseables como ser espacios que en la actualidad son clasificados como cuerpos de agua. Sin embargo, con ayuda del escenario de predicción “blanda”, estos últimos sectores nombrados se encuentran en áreas con baja probabilidad de urbanizarse, y es posible advertir que las áreas con mayores probabilidades de urbanización se encuentran en proximidades del área urbana consolidada ya existente y en proximidad a la ruta nacional antes nombrada.

Palabras clave: Predicción; Potenciales de transición; Usos del suelo; Redes Neuronales Artificiales; Escenario de Trayectoria Lineal

REFERENCIAS

Aguilera Benavente, F.; Plata Rocha, W.; Bosque Sendra, J. y Gomez Delgado, M. (2009). Diseño y Simulación de Escenarios de Demanda de Suelo Urbano en Ámbitos metropolitanos. *Revista Internacional de*

Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, (4), 57-80.

Buzai, G. y Baxendale, C. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica* (Tomo 1). Perspectiva científica. Temáticas de bases ráster. Buenos Aires. Lugar Editorial. 304 p.

Clarke, K. (2014). Why simulate cities? *GeoJournal*, 79, 129-136.

Gallardo Beltrán, M. (2014). *Cambios de Usos del Suelo y Simulación de Escenarios en la Comunidad de Madrid. Análisis de tres décadas de Transformación Territorial y Proyección Futura*. Tesis Doctoral del Departamento de Geografía Humana de la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad Complutense de Madrid.

Goded, M. (2000). La caja de Herramientas de la prospectiva estratégica. *Cuadernos de LIPS*.

Gomez Delgado, M. y Rodriguez Espinoza, V. (2012). *Análisis de la dinámica urbana y simulación de escenarios de desarrollo futuro con tecnologías de la información geográfica*. Madrid, Ra-Ma, 347 pág.

Humacata, L. y Buzai, G. (2018). Análisis de los Cambios de Usos del Suelo con Sistemas de Información Geográfica. En Mikkelsen, C y Picone, N (Comps). *Geografías del presente para construir el mañana: miradas geográficas que contribuyen a leer el presente*. 1ra ed. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2018. pp. 1001-1011.

Linares, S. (2016). Evolución Histórica sobre la Modelización del Espacio Urbano en Geografía. *Sociedad e Territorio*, 28(2), 23-41.

López Vázquez, V. y Plata Rocha, W. (2009). Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (68), 85-101.

Navarro Rau, M. (2012). *Cobertura - Uso del Suelo y Dinámica de Cambio. Departamentos Curuzú Cuatiá – Esquina – Mercedes – Monte Caseros – Sauce*. Informe PNECO 092022. INTA. Dinámica de la Cobertura y Uso del Suelo. Diciembre 2009 – Diciembre 2012.

Santos Preciado, J.; Azcárate Luxán, M.; Cocero Matesanz, D.; García Lázaro, F. y Muguruza Cañas, C. (2012). Análisis detallado del crecimiento urbano mediante tecnologías de la información Geográfica. En: Gómez Delgado, M y Rodríguez Espinoza, V (coords.). *Análisis de la Dinámica Urbana y Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica*. Madrid: RaMa Editorial, pp. 81-121.

Valenzuela Montes, L.; Soria Lara, J. y Salado García, M. (2012). Incidencia de la Planificación Territorial en los Prones de Desarrollo Urbano. Perspectivas desde Escalas Metropolitanas Diversas: Granada y Madrid. En Gómez Delgado, M y Rodríguez Espinoza, V (coords.). *Análisis de la Dinámica Urbana y Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica*. Madrid: RaMa Editorial, pp. 123-149.

ANÁLISIS ESPACIAL DEL CRECIMIENTO URBANO Y CAMBIOS DE USOS DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN, 1990-2010. APLICACIÓN CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Luis Humacata

Universidad Nacional de Luján

RESUMEN

La temática urbana, como campo multidisciplinar, ha generado una gran variedad de líneas de investigación. Desde la Geografía Urbana se abordan cuestiones de organización, estructura y función de los espacios urbanos, considerando a la ciudad como región (diferenciación intraurbana) o como sistema de ciudades (organización regional). En este sentido, el estudio de la dinámica urbana considera el contexto regional, como marco geográfico que influye y condiciona el desarrollo de procesos de expansión urbana y diferenciación espacial. Al respecto, se han generado una gran variedad de aportes que abordan la estructura y dinámica de crecimiento de las grandes ciudades latinoamericanas en las últimas décadas. Uno de los temas que mayor preocupación ha tenido, es el acelerado proceso de urbanización y sus efectos en la sostenibilidad territorial (Henríquez Ruíz, 2014), bajo el modelo de ciudad fragmentada (Borsdorf, 2003), cuya característica es la forma de crecimiento insular, y la agudización de las disparidades socioespaciales (Buzai y Marcos, 2014).

La estructura socio-territorial de las áreas metropolitanas presenta una configuración espacial diferenciada a partir de la componente urbana, cuya densidad disminuye desde la ciudad central hacia los sectores más periféricos. Tradicionalmente, el proceso de expansión de la aglomeración urbana ha seguido un patrón de crecimiento en forma de anillos concéntricos y sectores, asociados a la red de transportes. El actual proceso de urbanización, bajo el modelo de crecimiento urbano disperso o *urban sprawl* (Arellano y Roca, 2010), se caracteriza por la proliferación de urbanizaciones cerradas de baja densidad poblacional, con altos niveles de accesibilidad a partir de la red de autopistas metropolitanas. Este crecimiento acelerado de la urbanización está produciendo conflictos por la competencia espacial entre usos del suelo en espacios que forman parte de la franja urbano-rural, generando la fragmentación del territorio, la pérdida de usos del suelo que sustentan actividades socioeconómicas tradicionales y el impacto ambiental adverso en cuanto a la disminución de los servicios ecosistémicos).

Desde un abordaje principalmente espacial, la Geografía en su vertiente cuantitativa y racionalista ha desarrollado relevantes avances en la sistematización de procedimientos analíticos con la finalidad de determinar patrones de distribución espacio-temporal de usos del suelo. En este sentido, la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha posibilitado la obtención de resultados cartográficos y numéricos de suma utilidad en el ámbito de la planificación territorial. Los avances en la modelización de aspectos evolutivos del espacio geográfico (Aguilera Ontiveros, 2002), como aquellos orientados al análisis del crecimiento urbano y cambios de usos del suelo, brindan importantes herramientas metodológicas para el estudio de la dinámica de ocupación del suelo a escala urbano-regional. De esta manera se puede proceder a partir de un análisis histórico y prospectivo. En el primer caso, se busca conocer la evolución pasada de las configuraciones espaciales actuales. Dentro de esta línea podemos señalar la metodología de detección de cambios de usos del suelo (Pontius et al., 2004), cuya aplicación se encuentra en numerosos trabajos de investigación a nivel nacional e internacional que han obtenido interesantes resultados (Martínez Vega et al., 2008; Plata Rocha, 2010; Ramírez y Pértile, 2013; Lara, 2014; Humacata, 2017). En el segundo caso, se considera a la Geografía como ciencia del futuro. En este sentido, el avance hacia la modelización espacial se apoya en la metodología de análisis de evaluación multicriterio para la identificación de potenciales conflictos entre usos del suelo (Malczewski, 1999; Gómez Delgado y Barredo Cano, 2006; Principi, 2016), y los modelos de simulación de configuraciones espaciales futuras en base a la técnica de autómatas celulares (Xie y Sun, 2000; Aguilera Benavente et al., 2009; Gómez Delgado y Rodríguez Espinosa, 2012; Linares, 2015).

El presente trabajo desarrolla los aspectos teóricos y metodológicos del análisis de la evolución espacial de usos del suelo en el marco de la Geografía Aplicada basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica. La aplicación geotecnológica se focaliza en dos aspectos metodológicos referidos a la construcción de la base de datos geográfica y la metodología de detección de cambios. En este sentido se procedió a la elaboración de cartografía temática homogénea de usos del suelo, integrando técnicas de análisis visual y digital de imágenes satelitales para los años 1990, 2000 y 2010, siendo insumos cartográficos para la posterior aplicación metodológica. Esta se basa en la tabulación cruzada de dos mapas generando como resultado la obtención de cartografía dinámica e indicadores de cambios, cuya finalidad es la de cuantificar las superficies de ganancias y pérdidas, el cambio neto y total, y los intercambios entre las diferentes categorías de usos del suelo para los años 1990-2000 y 2000-2010. De esta manera, se obtendrán resultados en apoyo a la elaboración de un diagnóstico territorial de la evolución espacial de la ocupación del suelo, constituyéndose en una valiosa herramienta para el ordenamiento territorial a nivel urbano-regional.

Palabras clave: Expansión urbana; Cambios de usos del suelo; Sistemas de Información Geográfica; Cuenca del río Luján.

REFERENCIAS

- Aguilera Ontiveros, A. (2002). *Ciudades como tableros de ajedrez. Introducción al modelado de dinámicas urbanas con autómatas celulares*. San Luis Potosí: El Colegio de San Luis.
- Aguilera Benavente, F.; Plata Rocha, W.; Bosque Sendra, J. y Gómez Delgado, M. (2009). Diseño y simulación de escenarios de demanda de suelo urbano en ámbitos metropolitanos. *Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 4, 57-80.
- Arellano, B. y Roca, J. (2010). El UrbanSprawl, ¿Un Fenómeno de Alcance Planetario? Los Ejemplos de México y España. *Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 4(12), 115-147.
- Borsdorf, A. (2003). Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. *EURE*. 29(86), 37-49.
- Buzai, G.D. y Baxendale, C.A. (2006). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Buzai, G.D. y Marcos, M. (2014). Buenos Aires (Argentina): El mapa social a través de puntajes de clasificación espacial. En Buzai, G.D. *Mapas Sociales Urbanos*. Lugar. Buenos Aires. 2da. Ed.
- Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J.I. (2006). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Alfaomega-Ra-Ma. México.
- Gómez Delgado, M. y Rodríguez Espinosa, V.M. (2012). *Análisis de la Dinámica Urbana y Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica*. Ra-Ma. Madrid.
- Henríquez Ruíz, C. (2014). *Modelando el crecimiento de las Ciudades Medias*. Ediciones UC. Santiago.
- Humacata, L. (2017). *Análisis espacial de los cambios de usos del suelo en partidos de interfase urbano-rural de la Región Metropolitana de Buenos Aires, en el periodo 2000-2010, mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica*. Tesis. Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Azul.
- Lara, B. (2014). *Fragmentación de pastizales en el centro de la provincia de Buenos Aires mediante imágenes LANDSAT*. Tesis. Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Azul.
- Linares, S. (2015). Aplicación de modelos de simulación de crecimiento urbano. En Buzai, G.D.; Cacace, G.; Humacata, L.; Lanzelotti, S.L. (Comp.) *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa*. Libro 1: Por una Geografía de lo real. MCA Libros. Mercedes.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons. New York
- Martínez Vega, J.; Echavarría Daspert, P. y González Cascón, V. (2008). Detección de cambios en los usos del suelo de la Alcarria Conquense: análisis de su sostenibilidad. *Serie Geográfica*. Número 14-2007-2008: 13-178.
- Plata Rocha, W. (2010). *Descripción, Análisis y Simulación del Crecimiento Urbano mediante Tecnologías de la Información Geográfica. El Caso de la Comunidad de Madrid*. Tesis. Doctorado en Cartografía, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares.
- Pontius, R.G.; Shusas, E. y McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 101, 251-268.
- Principi, N. (2016). *Evaluación Multicriterio para la identificación de áreas con potencial conflicto entre usos del suelo en la cuenca del río Luján (Buenos Aires, Argentina)*. Tesis. Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Universidad de Costa Rica y Universidad Nacional. Costa Rica.
- Ramírez, L. y Pértile, V.C. (2013). Cambio de uso de suelo y tendencias de la expansión urbana entre 1990 y 2030 en Juan José Castelli y Villa Ángela, Chaco, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 5(5), I:194-216. Recuperado de <https://revistageosig.wixsite.com/geosig>
- Xie, Y. y Sun, Z. (2000). *Dynamic Urban Evolution Model Base don Cellular Automata*. Igre. Ypsilanti.



EJE 3. TIG APLICADA A
PROCESOS FÍSICO-AMBIENTALES

APLICACIÓN DE LOS SIG Y EL MÉTODO BIVARIADO EN LA IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD POR AVENIDAS TORRENCIALES. CASO: CUENCA ALTA DEL RÍO MINERO

José Julián Villate

Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia

Diego Fernando Gualdrón Alfonso

Fundación Universitaria Juan de Castellanos

Deisy Daniela Blanco Jaimes

Fundación Universitaria Juan de Castellanos

Karen Helena Gañan Noya

Fundación Universitaria Juan de Castellanos

En la actualidad, la humanidad enfrenta grandes retos medio-ambientales e hidrográficos producto del cambio climático que se ha producido e intensificado en los últimos tiempos, el cual ha obligado a buscar soluciones y estrategias innovadoras que permitan la mitigación y reducción de los impactos que los fenómenos naturales pueden provocar. Al considerar lo anterior, las avenidas torrenciales se clasifican dentro de estos fenómenos, como una consecuencia o efecto de la concentración de precipitaciones sobre terrenos que cuentan con pendientes pronunciadas, las cuales generan un aumento súbito de caudales, que transportan grandes volúmenes de sedimentos y escombros con velocidades tan altas que pueden llegar a ser peligrosas para los habitantes e infraestructura (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [IDIGER], 2020).

En Latinoamérica, por su ubicación geográfica y composición geomorfológica, predominan relieves de alta montaña y cordilleras a lo largo de su extensión territorial, así como precipitaciones de gran intensidad, generando panoramas o escenarios que dan lugar a la aparición de este tipo de amenaza; por lo tanto, se han determinado características de importancia o diagnósticos preliminares y generales sobre el fenómeno en diferentes países. Debido a que el comportamiento es variable, se obtienen diversas consecuencias atribuidas al evento hidrometeorológico. Entonces, es congruente establecer que las medidas de gestión de riesgo que deberían asumirse en cada zona son independientes al materializarse el grado de susceptibilidad de acuerdo a las características inherentes de cada región.

De acuerdo con SURA (2020), países como Chile, México, Panamá, El Salvador, presentan una ocurrencia ante avenida torrencial alta, con velocidades de carácter súbito y severidad de propagación mínima o poco puntual. Asimismo, en Colombia y República Dominicana, la ocurrencia del fenómeno es media-alta y se han presentado importantes manifestaciones de velocidad súbita y puntual. Por otra parte, se encuentran Argentina y Brasil quienes poseen una menor ocurrencia al evento tipo medio-bajo manifestando la característica predominante de las avenidas torrenciales, la cual es súbita. Finalmente, aunque en países como Uruguay la probabilidad de que suceda una amenaza por este tipo de fenómenos sea muy baja, es necesario analizar y dar un diagnóstico más focalizado en las regiones de cada país.

En Colombia, de acuerdo con Aristizábal et al. (2020, p. 16), el departamento de Antioquia es el más propicio a enfrentar fenómenos ambientales como las avenidas torrenciales. Cabe destacar que el municipio de Mocoa (Putumayo, Colombia), es el evento torrencial de mayor impacto destructivo con un historial de 332 personas que perdieron la vida, 77 personas desaparecidas y 1.200 viviendas afectadas.

Es considerable enfatizar que el departamento de Boyacá ha presenciado este mismo fenómeno en 50 de los 123 municipios que lo conforman, representando así el 40,65% de su territorio (Ordenamiento Territorial Departamental de Boyacá [OTDB], 2018). Una considerable porción de dicho porcentaje se encuentra atribuido en especial a la cuenca alta del río Minero, debido a la ocurrencia de eventos históricos de avenidas torrenciales, cuyos resultados han conllevado a pérdidas humanas, económicas, daños parciales y/o totales de infraestructura, e incluso la alteración del mismo medio abiótico (OTDB, 2018). Se evidencia,

por tanto, el inadecuado estudio de la situación respecto a la elaboración de medidas de prevención frente a este tipo de eventos (Gómez Guerrero, 2018).

Al ser un fenómeno que no tiene un seguimiento continuo, no se han identificado factores causales definitivos al detonante que determine su ocurrencia. Por lo tanto, en el presente estudio se tiene como alcance la recolección, análisis e identificación de información precisa de cuencas patrón de departamentos como Putumayo, Antioquia y el mismo departamento de Boyacá, donde se ha producido el evento de origen hidrometeorológico; con el fin de adquirir una base de datos con las principales características comunes de la eventualidad, como son: altas pendientes, precipitación, morfometría de la cuenca, geomorfología, actividad sísmica e insuficiencia en la cobertura vegetal, para posteriormente relacionarlas y así establecer si estas variables fomentan la ocurrencia de avenidas torrenciales en las subcuencas del río Palenque y río Piedras, pertenecientes a la cuenca alta río Minero.

La obtención de información se realizará mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) teniendo en cuenta lo establecido por Oreste González (2014) que: “En la actualidad, la forma más conveniente de almacenar y analizar este conjunto de datos es mediante (SIG)”, dado que el sistema permite conocer el comportamiento evolutivo de un fenómeno en un tiempo estacional (Santos Preciado, 2004). Por lo tanto, se emplearán herramientas de la extensión de ArcGIS en formato de bases de datos tipo ráster y vectorial (escala 1:25000). Para efectos de este estudio, se propone realizar una metodología a partir de la creación de un modelo que permita delimitar la cuenca hidrográfica de forma automatizada vinculando los parámetros morfométricos y de esta manera determinar los índices asociados a la torrencialidad.

Una vez delimitadas las subcuencas, se realizará una priorización de las mismas, para posteriormente establecer un análisis a través del método estadístico bivariado, en el cual, se compararán las variables georreferenciadas contribuyentes en torno a su detonante (precipitación), relacionadas al proceso de avenida torrencial. Para ello, es necesario definir en los atributos de las variables (contribuyentes) campos que se categoricen en clases y se calcule el valor de verdad (peso) respectivo entre la intersección de capas en formato ráster. Seguidamente, se ejecutará una ponderación de píxeles por imagen en la escala sugerida para esta investigación y mediante depuración de datos similar a la aplicada con operadores booleanos, se re-clasificarán las subcuencas de acuerdo al grado de susceptibilidad en escala alta, media y baja en función de la capacidad de materialización del fenómeno.

Finalmente, se propone articular los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología propuesta sobre la cuenca alta del río Minero con el fin de evidenciar la potencialidad de ocurrencia frente al evento natural, por medio de su visualización en un modelo dinámico. Por consiguiente, se proyecta el área delimitada (Cuenca alta del río Minero, Colombia) en una potencial zona de estudio que, con investigaciones pertinentes, puede llegar a convertirse en un referente metodológico a nivel departamental con respecto a la identificación de zonas de susceptibilidad (por avenida torrencial) y su posterior implementación en planes de gestión de riesgos, toma de decisiones y optimización en las herramientas digitales de visualización geoespacial.

Palabras clave: Susceptibilidad; Avenida torrencial; Método bivariado; SIG

REFERENCIAS

Aristizábal, E.; Arango Carmona, M. y García López, I. (2020). Definición y clasificación de las avenidas torrenciales y su impacto en los Andes colombianos. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 242-258. doi: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.72612>.

Gómez Guerrero, Y. (2018). Taruca municipio de Mocoa, departamento de Putumayo, a inundación por cambio de cauce, mediante la combinación de múltiples técnicas geomáticas. Evento natural avenida torrencial del 1 de abril de 2017 – Evento 12 de agosto de 2018. 11.

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2020). *Caracterización General del Escenario de Riesgo por Avenidas Torrenciales*. Recuperado el 5 de junio de 2020 de: <https://www.idiger.gov.co/riesgo-por-avenidas-torrenciales>

Ordenamiento Territorial Departamental de Boyacá. (2018). Ordenamiento territorial departamental de Boyacá. En *Dimensión estructura biofísica* (pp. 1-102). Recuperado el 3 de mayo de 2020 de: <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>

Oreste González, J. (2014). *El sistema de información geográfica ArcGIS, en el análisis de las características fisiográficas de cuencas hidrológicas*.

Santos Preciado, J.M. (2004). *Sistemas de información geográfica*. Unidad didáctica Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia (pp. 460). ISBN 84-362-2006-4

Sura (2020). Amenaza Ante Fenómenos Naturales | Gerencia De Geociencias. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de <https://Segurossura.Com/Content/Uploads/2021/04/Suramericana-Geociencias-Sura-Amenaza-Ante-Fenomenos-Naturales-Espanol.Pdf?X51861>

ISLAS DE CALOR URBANO Y SU RELACIÓN CON LOS INSECTOS POLINIZADORES. CASO DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE TUNJA

Leyde Katerine Cabrera Ruiz

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación Biología para la Conservación

RESUMEN

Los polinizadores se han convertido en uno de los elementos clave en el mantenimiento de los ecosistemas y por ende en el bienestar de las especies que dependen de ellos. Por cuenta del continuo crecimiento poblacional y urbano, es cada vez más frecuente la generación de un fenómeno térmico denominado islas de calor urbano (UHI), cuyos efectos en las áreas naturales, las cuales han visto disminuido su tamaño y provisión de recursos esenciales para la presencia de grupos de polinizadores importantes como los insectos, son un tema carente de estudios que apoyen su comprensión. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es identificar los sectores térmicamente óptimos para la supervivencia de los insectos polinizadores urbanos (IPU) en la ciudad de Tunja (Colombia), a través de la cuantificación de la abundancia de recursos disponibles, el mapeo de zonas térmicamente óptimas para el mantenimiento de los IPU y la determinación de los sitios más adecuados para la presencia de estas comunidades. Para conseguir esto, se emplean imágenes satelitales que a través de su respectivo procesamiento en Sistemas de Información Geográfica, brindan información clave en la toma de decisiones por parte de los entes gubernamentales para la priorización de áreas necesarias para la conservación y presencia de los IPU dentro de sus Planes de Ordenamiento Territorial (POT).

Palabras clave: Islas de calor urbano; Insectos polinizadores urbanos; Teledetección; Temperatura superficial, Tunja

INTRODUCCIÓN

Los insectos polinizadores (IP) son un amplio grupo compuesto por un sinnúmero de especies (Inouye, 2013; Potts et al., 2014; FAO, 2018), cuya función en los ecosistemas es esencial para casi el 90% de las especies florales, además de al menos tres cuartas partes de los cultivos alimentarios a nivel mundial (IPBES, 2016). Sin embargo, su presencia en diferentes ecosistemas se ha visto afectada por cuenta de diferentes fenómenos, entre los que se encuentran las islas de calor urbano (UHI).

Las UHI consisten en una diferencia de temperatura superficial que se presenta entre las zonas urbanas y las áreas suburbanas y rurales circundantes (Trujillo-Urbe, 2012), sus efectos en los IP son innegables por cuenta del aumento en la mole de concreto que en consecuencia, limita la presencia de espacios verdes en los que los insectos polinizadores encuentran recursos necesarios para su bienestar y supervivencia (Tylianakis, 2013; Wenzel et al., 2019).

La teledetección se ha convertido en una herramienta relevante en muchos estudios de tipo ambiental, por cuenta de la variedad de datos que se obtienen a través de las imágenes satelitales

(Sacristán-Romero, 2006). Particularmente en el estudio de las UHI, son un complemento útil (Salas-Pérez y Coy-Castro, 2019) que brinda una visión más amplia que permite determinar aquellas zonas térmicamente apropiadas para los IP dentro de los entornos urbanos.

OBJETIVOS

General

Identificar los sectores térmicamente óptimos para la supervivencia de los IPU en la ciudad de Tunja, de acuerdo a la relación recursos/temperatura, a partir del análisis de las islas de calor urbano.

Específicos

Cuantificar la abundancia de recursos para los IPU en la ciudad de Tunja.

Mapear las zonas térmicamente óptimas para el mantenimiento de los IPU en Tunja.

Definir geográficamente los sitios óptimos de Tunja, a partir de la relación temperatura/recursos.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La ciudad de Tunja, perteneciente al departamento de Boyacá (Colombia), se encuentra ubicada en una meseta sobre la cordillera oriental. Su rango altitudinal comprende los 2782-3124 m.s.n.m., su temperatura promedio es de 12.9°C y presenta un promedio anual de precipitación de 645 mm (IDEAM, 2021).

Para llevar a cabo esta investigación se plantean tres fases a desarrollar:

» Fase 1: Clasificación supervisada de coberturas de la tierra.

Empleando imágenes satelitales SPOT4 con resolución 10x10 en las bandas RGB, se hace el respectivo procesamiento y análisis de coberturas del área de estudio, utilizando el sistema internacional CORINE Land Cover.

» Fase 2: Estimación de la Temperatura superficial.

Empleando imágenes satelitales térmicas Landsat 8 con resolución 15x15, se calcula la temperatura superficial del área de estudio con apoyo del *software* ArcGIS 10.8.

» Fase 3: Álgebra de mapas.

A través de la relación entre los mapas obtenidos de las dos primeras fases, se determinan las zonas óptimas para la presencia de los insectos polinizadores.

RESULTADOS ESPERADOS

Este trabajo se encuentra en su fase inicial de desarrollo. Se espera a través de esta investigación:

- ≈ Encontrar las zonas óptimas para la presencia y establecimiento de los insectos polinizadores en la ciudad de Tunja.
- ≈ Entender la manera en la que el fenómeno de urbanización y por ende UHI, influye positiva o negativamente a los insectos polinizadores.
- ≈ Brindar recomendaciones a los tomadores de decisiones acerca de aquellas áreas que deben ser priorizadas y conservadas dentro del Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad.

REFERENCIAS

FAO (2018, 17 de mayo). *Es hora de apreciar la labor de los polinizadores*. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1129811/>.

IDEAM (2021). *Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos*. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+-Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

Inouye, D.W. (2013). Role of Pollinators. *Encyclopedia of Biodiversity*, 6, 140-146. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00112-X>

IPBES (2016). *Resumen para los responsables de formular políticas del informe de evaluación de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos*. https://ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/ipbes_4_19_annex_ii_spm_pollination_es.pdf

Potts, S.G.; Breeze, T. y Gemmill-Herren, B. (2014). Crop Pollination. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 2, 408-418. doi:10.1016/B978-0-444-52512-3.00020-6

Sacristán-Romero, F. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *AquaTIC*, (24), 13-41. doi: 10.22518/16578953.701

Salas-Pérez, C. y Coy-Castro, D.F. (2019). *Análisis espacial de islas de calor en la ciudad de Bogotá: los efectos de la urbanización, un estudio desde la teledetección*. Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Semantic Scholar. <https://www.semanticscholar.org/paper/An%C3%A1lisis-espacial-de-islas-de-calor-en-la-ciudad-de-P%C3%A9rez-Castro/23ecd2bc38ed5136d395840978ad271e45542e80>

Trujillo-Uribe, S. (2012). *Estimación de la temperatura superficial en el Valle de Aburrá mediante técnicas de percepción remota*. Tesis de pregrado, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Biblioteca Universidad EIA. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/409>

Tylianakis, J.M. (2013). The Global Plight of Pollinators. *Science*, (339), 1532. doi: 10.1126/science.1235464

Wenzel, A.; Grass, I.; Belavadi, V.V. y Tschardt, T. (2019). How urbanization is driving pollinator diversity and pollination - A systematic review. *Biological Conservation*, (241), 108321. doi: 10.1016/j.biocon.2019.108321

LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL AMGR. SU DETECCIÓN POR MEDIO DE IMÁGENES SATELITALES

Cristian Javier Da Silva

Instituto de Investigaciones Geohistóricas (IIGHI), CONICET-UNNE

Oswaldo Daniel Cardozo

Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Territorial y Hábitat Humano (IIDTHH), CONICET-UNNE

Palabras clave: Gran Resistencia; Teledetección; Humedal; Vegetación

INTRODUCCIÓN

Las ciudades que se instalan y prosperan en proximidades de ríos y espacios lacustres tienen características particulares, ya que muchas veces su morfología actual y desarrollo histórico se ve condicionado por la presencia de cursos y cuerpos de agua en la trama urbana. La ciudad de Resistencia y su área metropolitana es un ejemplo de esta clase de relación, no siempre equilibrada ni fácil de sobrellevar.

La presencia de una gran cantidad de lagunas semicirculares (antiguos meandros) y el río Negro al norte de la ciudad, actúan como receptores de las precipitaciones y como retardador de las inundaciones por desborde del río Paraná.

Además, la vegetación adaptada a la presencia de agua o humedad que se desarrolla en estas lagunas y el río, presentan una importante ventaja ambiental. Vázquez Chacón (2020) considera que son excelentes bioindicadores de la calidad del agua, debido a que son muy sensibles a los cambios químicos, físicos e hidrológicos del agua, por lo tanto, la presencia de las macrófitas está determinado por el pH, eutroficación, temperatura y circulación del agua. Eso explica por qué no en todas las lagunas se desarrolla vegetación acuática.

En trabajo anterior de Da Silva (2013) ya propuso la detección de humedales y la vegetación adaptada a esas condiciones en el Gran Resistencia, por medio de Sensores Remotos.

El área de estudio no se ajusta estrictamente a ningún límite administrativo, ya que no

tiene sentido para el análisis de la distribución espacial de la vegetación acuática, sino que es el entorno del Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR) representada por un área de 34.430 ha aproximadamente, como se observa en la figura 1.

Se trata de un espacio complejo y vulnerable desde el punto de vista ambiental. La complejidad de su sitio deriva de los efectos que tuvo el valle de inundación del río Paraná, sobreimpuesto a los divagues del río Bermejo y la más reciente acción del río Negro, dan como resultado una geomorfología multigenética y compleja, como se observa en la figura 2.

El objetivo central del trabajo es detectar y analizar la presencia de vegetación acuática en el Gran Resistencia, utilizando imágenes satelitales de alta resolución espacial y técnicas de Teledetección.



Figura 1. El sector en estudio corresponde al Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR)

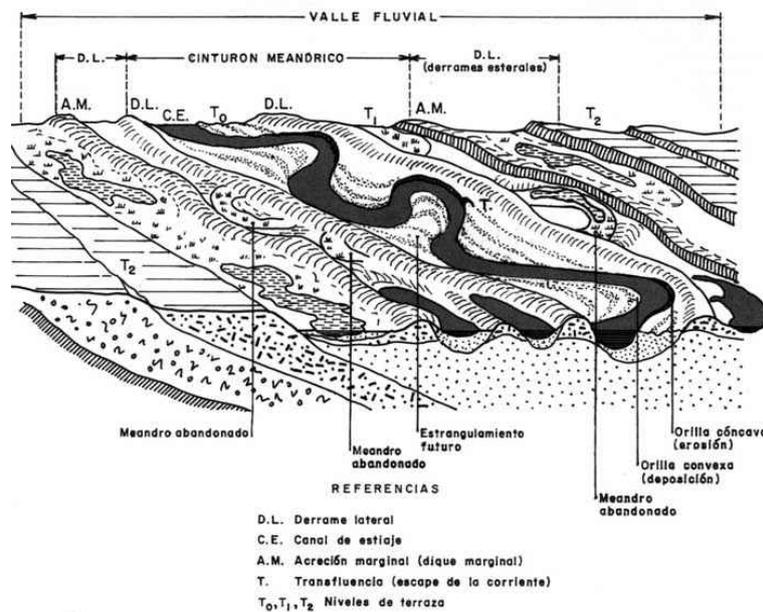


Figura 2. Corte esquemático de la geomorfología propia del área de estudio
 Fuente: OEA (1977)

METODOLOGÍA

El insumo principal del trabajo consiste en una imagen satelital SPOT 6, tomada el 27 de septiembre de 2013. La misma contiene cuatro bandas multispectrales con resolución

espacial de 6 m y una banda pancromática de 1,5 m. Este grado de resolución espacial es muy bueno para el detalle espacial, aunque representa un volumen de cómputo importante (262.515.246 píxeles x 4 bandas).

Para mantener la mejor resolución espacial del pancromático en las bandas multiespectrales se realiza un proceso denominado *pansharpening*, lo que da como resultado un nuevo conjunto de bandas que combinan la mejor resolución espacial y toda la gama de información multiespectral de las regiones del visible e IRC.

Para tener un primer panorama de la manera en que se agrupan los píxeles que representan la vegetación acuática, se realizó una clasificación no supervisada por el método k-means (20 clases), sin embargo los resultados no fueron concluyentes para identificar de forma clara la vegetación acuática.

Para mejorar la detección de la vegetación acuática y reducir la confusión en la asignación de píxeles en la clasificación, es necesario identificar el resto de coberturas. A los efectos de este trabajo, se identificaron las siguientes en el área de estudio:

- 1-Vegetación acuática
- 2-Vegetación herbácea
- 3-Vegetación arbórea
- 4-Suelo desnudo
- 5-Agua
- 6-Cemento/Asfalto
- 7-Edificación
- 8-Área quemada

Luego se aplicó una clasificación supervisada por el método Random Forest en base a un total de 258 muestras de coberturas. Al resultado se aplicó un filtro de mayoría de 8x8 para mejorar la homogeneidad de las coberturas y reducir el efecto “sal y pimienta”.

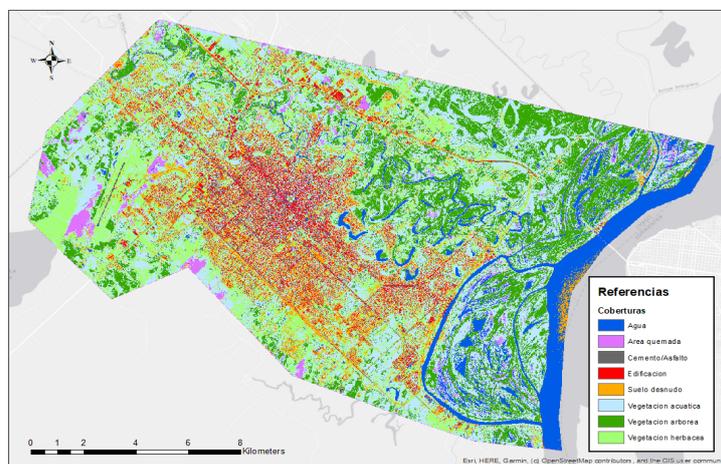


Figura 3. Coberturas de la tierra identificadas en el Gran Resistencia
Fuente: elaboración personal

RESULTADOS

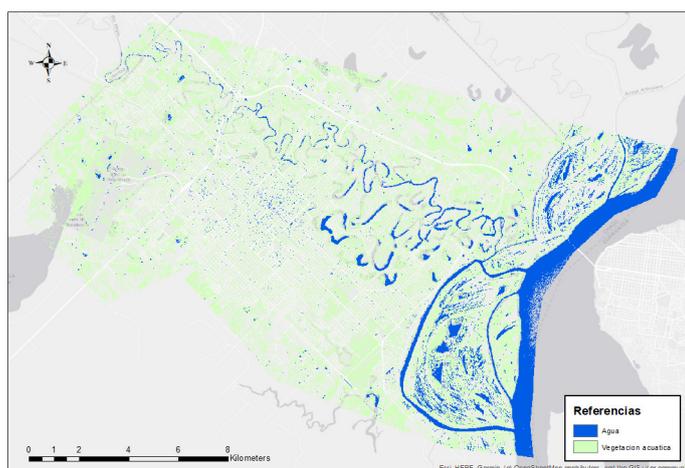


Figura 4. Agua y vegetación acuática identificadas en el Gran Resistencia
Fuente: elaboración personal

REFERENCIAS

Da Silva, C.; (2013). *Detección de Humedales y Vegetación en el Gran Resistencia con Sensores Remotos*. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste. Informe Final de Adscripción. Octubre de 2013. Resistencia.

Vázquez Chacón, J.Y. (18 de diciembre de 2020). *Macrófitas: características, hábitat, clasificación e importancia*. Lifereder. Recuperado de <https://www.lifereder.com/macrophytas/>.

Organización de los Estados Americanos. (1977). *Cuenca del Plata - Estudio para su Planificación y Desarrollo* - República Argentina. Estudio llevado a cabo por la Unidad Técnica durante el período 1973-1976. Gobierno de Argentina. Programa de Desarrollo Regional. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C.

TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO RECURSOS PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES: EJEMPLOS EN FORESTACIONES DEL DELTA DEL RÍO PARANÁ

Virginia Piani

Universidad Autónoma de Entre Ríos. Facultad de Ciencia y Tecnología. Centro Regional de Geomática (UADER-FCyT-CeReGeo). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción

Facundo Boladeras

Universidad Autónoma de Entre Ríos. Facultad de Ciencia y Tecnología. Centro Regional de Geomática (UADER-FCyT-CeReGeo)

RESUMEN

Las forestaciones constituyen una de las principales actividades productivas del Delta del Río Paraná, un macroecosistema en el cual los procesos hidrológicos son parte fundamental de la conformación y dinámica del paisaje. Estas prácticas están frecuentemente asociadas a modificaciones del relieve y al manejo hídrico, generando como consecuencia impactos ambientales que contribuyen al riesgo ambiental. Entre estos impactos cabe mencionar la pérdida de servicios ecosistémicos como el amortiguamiento de excedentes hídricos, la conservación de reservorios de agua dulce, entre otros. La gestión de riesgos contribuye a reducir estos impactos mediante la planificación territorial sostenible basada en el conocimiento de los atributos funcionales de los ecosistemas. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue analizar recursos para la gestión del riesgo ambiental en plantaciones forestales del Delta del Río Paraná a partir del uso de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG's). Estos recursos

pueden ser considerados como indicadores de sostenibilidad, asociados a buenas prácticas de manejo forestal para la región. La ventaja de las TIG's sobre técnicas tradicionalmente empleadas, consiste en la posibilidad de analizar grandes volúmenes de datos de variables regionalizadas para superficies extensas de terreno. Para ello se utilizaron datos de parcelas forestales caracterizadas en base a sus respuestas espectrales para cada especie forestal de interés. Esta información se incluyó dentro de un Sistema de Información Geográfica junto con datos demográficos y valores del índice MNDWI (mapas de recurrencia de áreas inundadas). Se describió la relación entre la densidad poblacional, el tipo de forestación, y otras variables de interés. Se identificaron plantaciones con tendencia a la disminución, aumento y estabilidad en sus respuestas espectrales, con la posibilidad de interpretar sus patrones en términos de prácticas de manejo a escala de parcela. Se analizaron a modo de ejemplo algunos casos específicos, relacionando la información generada en este trabajo con datos demográficos y ambientales. Como resultado, se registró que en municipios con más alta densidad poblacional dentro de la región, como Campana y Zárate, ambos parte de la zona núcleo forestal bonaerense, y Villa Paranacito, en la provincia de Entre Ríos, se registró en conjunto más del 50% de las plantaciones de *Populus sp.* (álamo), más de un 32% de su superficie endicada y alteración del régimen hídrico local, bajo manejo de grandes productores. Esta conjunción de factores aumentan el riesgo ambiental en estas zonas donde el tamaño de la población y la cantidad de *Populus sp.* plantado son más elevadas, por lo que esta modalidad de producción se asoció directamente a un mayor riesgo ambiental. La respuesta espectral de la vegetación, los valores del índice MNDWI y la densidad demográfica pueden ser utilizados como indicadores de buen manejo forestal. El trabajo demostró la utilidad de estas herramientas de apoyo para la toma de decisiones por productores forestales y gestores para entender y monitorear los cambios en la vegetación y evaluar las consecuencias en el uso del suelo en un contexto de cambio climático. Estos resultados aportaron un valioso conocimiento en relación a las medidas propuestas para la región para la reducción de impacto de las plantaciones sobre los servicios ambientales, y por ende la mitigación del riesgo.

Palabras clave: SIG; Gestión de riesgo; Plantaciones forestales; Humedales; Indicadores de sostenibilidad

APLICACIÓN DE TIG PARA LA ESTIMACIÓN DEL FACTOR C EN LA CUENCA ALTA DEL ARROYO NAPOSTÁ GRANDE, BUENOS AIRES

Federico Javier Beron de la Puente

Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur

Verónica Gil

Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur- CONICET

Palabras clave: Factor C; TIG; Erosión hídrica; NDVI; Sentinel 2

INTRODUCCIÓN

El escurrimiento superficial generado por las precipitaciones es un tema de gran importancia desde el punto de vista ambiental, esto se debe a que el agua posee la capacidad de transformación del suelo, el cual es un recurso no renovable y sostén de numerosas actividades productivas para la agricultura y desarrollo industrial (Strahler, 1964). Cuando se habla de erosión hídrica se puede definir como la desagregación, transporte y sedimentación de las partículas del suelo por las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial. Su magnitud puede verse afectada por factores climáticos, tipo de suelo, cobertura vegetal, topografía y actividades que se realizan. Para estimar este proceso y cuantificar estos factores se utiliza la ecuación RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*). En el caso del factor C (cobertura del suelo) el uso del suelo y su cobertura son determinantes en el resultado. En especial, la vegetación que actúa como cubierta protectora, estableciéndose como un buffer entre el suelo

y la atmósfera (Morgan, 2005). Como regla general, su efectividad para reducir la erosión de impacto depende directamente de la altura y continuidad de la copa de los árboles, así como la densidad de la cobertura superficial (pastos, hierbas y arbustos). Sin embargo, no todos los autores lo estiman de la misma manera. Por este motivo, el objetivo de este trabajo es presentar la metodología utilizada para la obtención del factor *c* de forma indirecta mediante la aplicación de TIG.

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca alta del arroyo Napostá Grande, se encuentra en la vertiente suroccidental del Sistema de Ventania en el suroeste de la provincia de Buenos Aires, cubre una superficie aproximada de 250 km² e incluye al Ao. del Águila y el Ao. Napostá Grande (figura 1). Este último nace en proximidades del cerro Tres Picos (1.234 m) y Napostá (1.180 m). Si bien el área serrana es pequeña respecto a la superficie total de la cuenca, las fuertes pendientes topográficas y los materiales coluviales del piedemonte ejercen una notable influencia sobre el comportamiento del escurrimiento superficial y subterráneo, conformando la principal área generadora de crecidas y de recarga de los acuíferos de la región (Carrica, 1998).

Es una zona climática templada seca-sub-húmeda donde la variabilidad temporal (interanual, anual, estacional) y espacial de las precipitaciones es elevada (Casado y Picone, 2018; Gil, 2010). La sucesión de ciclos húmedos y secos se manifiesta en las variaciones interanuales de los montos de precipitación y provoca registros extremos como en 1946 con un máximo de 1.285 mm y en 1990 con un mínimo de 315,5 mm. Cabe señalar que, en este ámbito serrano, la precipitación media anual es de 610 mm con máximos superiores a los 1.000 mm y mínimos que logran superar los 300 mm (Gil y Campo, 2000).

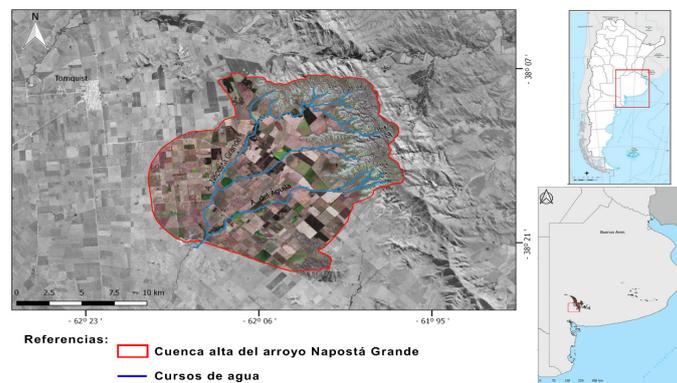


Figura 1. Área de estudio

La cobertura vegetal es otro elemento biogeográfico de gran importancia ya que actúa como agente de protección del suelo, favorece la infiltración e intercepta y amortigua la energía de las gotas de lluvia (Romero Díaz, 1989). La vegetación nativa predominante es la estepa gramínea mientras que la vegetación herbácea varía según la altitud y las condiciones de pendiente y exposición en que se encuentran las laderas (Cabrera 1976; Frangi y Barrera 1996). En cuanto a las actividades económicas, el desarrollo de agricultura (principalmente cultivo de cereales) y ganadería (cría de bovinos) definen el perfil productivo de la región, donde se trabaja mayoritariamente el cultivo de cosecha fina a través de la siembra de trigo (50.000 ha de siembra) y en menor medida cebada (10.000 ha) (Ing. M.E. Antonelli -BCPBB-, comunicación personal, 11 de octubre de 2016).

METODOLOGÍA

Frente a la dificultad de obtención de usos y cobertura de suelo para el área de estudio en vez de recurrir a la tabla de tipo de vegetación o cultivo de los valores en factor *C* (Wischmeier,

1978) se tomó como metodología el uso de sensores remotos como medio de aproximación. En la figura 2 se detalla la metodología de cálculo indirecto del factor C. Se utilizaron datos grillados de precipitación para determinar los períodos secos y húmedos mediante la herramienta de evaluación de sequía (*Standard Precipitation Index-SPI*). Una vez identificados los períodos se acota el período de tiempo para la creación de la base de datos de imágenes Sentinel 2 (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>). Con estas se calcula el NDVI y se genera la cartografía temática que se torna en la base para estimar el factor C. Todo este procedimiento se realiza a través de los SIG.

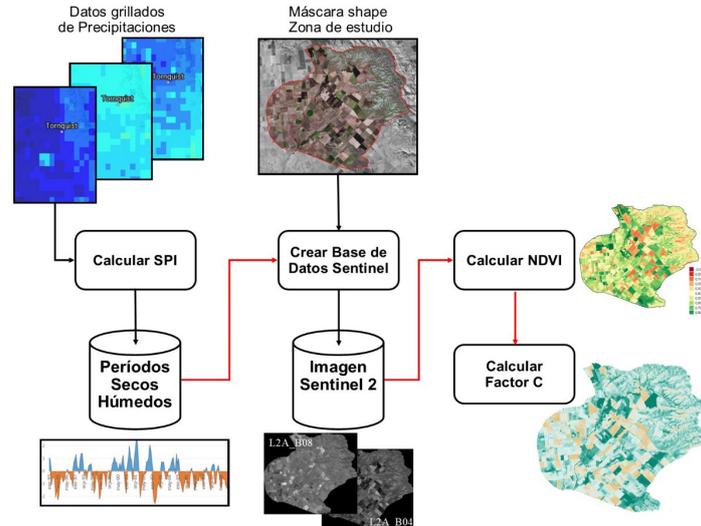


Figura 2. Diagrama de flujo que resume la metodología utilizada para obtener el factor C

En el caso del NDVI (ecuación 1), es un indicador ampliamente utilizado del vigor de la vegetación verde mediante el cálculo de diferencia del rango espectral entre las bandas roja e infrarroja cercana de la imagen de satélite (Tucker, 1979) y va un rango de -1 a $+1$, con los valores más altos atribuidos a áreas con mayor cobertura vegetal donde NIR es luz infrarroja cercana y Red es luz roja visible.

$$NDVI = (NIR-Red) / (NIR + Red) \quad (1)$$

La ecuación 2 indica las bandas utilizadas para el cálculo del NDVI para el área del estudio para el período 2015-2021.

$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4) \quad (2)$$

Los valores negativos corresponden a áreas con superficies de agua, estructuras artificiales, rocas, nubes, nieve; el suelo desnudo generalmente cae dentro del rango de 0.1 a 0.2 ; y las plantas siempre tendrán valores positivos entre 0.2 y 1 . El dosel de vegetación sano y denso debería estar por encima de 0.5 , y la vegetación dispersa probablemente caerá dentro de 0.2 a 0.5 . Sin embargo, es solo una regla general y siempre debe tener en cuenta la temporada, el tipo de planta y las peculiaridades regionales para saber exactamente qué significan los valores de NDVI.

Por lo general, el NDVI se correlaciona directamente con el factor C por una regresión exponencial (Van der Knijff et al., 1999). Para la obtención del factor C, se utilizará la ecuación 3 propuesta por Van der Knijff et al. (1999). Los factores α y β son parámetros que están relacionado con la forma de la curva asociada al NDVI, son los valores 2 y 1 respectivamente.

$$CK = e^{[-\alpha NDVI / (\beta - NDVI)]} \quad (3)$$

Ruiz y Pacheco (2020) concluye que la ecuación 3 presenta un mejor ajuste para épocas secas. Por este motivo, para el correcto uso, se calcula en el área de estudio los periodos secos mediante el uso del índice normalizado de precipitaciones (SPI) desarrollado por McKee et al. (1993). El mismo, es un indicador del estado de sequía de un lugar y permite el monitoreo

y análisis de zonas donde el uso del recurso hídrico es relevante. En este caso, se focalizará la atención en el SPI 3 para el período 1992-2020.

RESULTADOS

La ciclicidad de los períodos secos y húmedos ha sido estudiada para la región del suroeste bonaerense por varios autores a través del SPI (Casado y Campo, 2019). Los períodos secos se definen como los meses consecutivos donde el valor SPI 3 es menor a -1 y este evento finaliza cuando el SPI 3 alcanza valores positivos. Con este criterio se obtuvieron cuatro períodos secos tomando en cuenta las imágenes disponibles del satélite Sentinel 2 el cual va desde el año 2015 hasta 2020.

A partir de estas fechas P1 (enero a marzo 2017), P2 (noviembre a julio 2018), P3 (de marzo a julio 2019) y P4 (de septiembre 2019 a enero 2020) se descargaron cinco imágenes Sentinel 2. Para cada imagen se calculó el NDVI (ecuación 2) y luego el promedio representado en el mapa de la figura 3. Los valores de NDVI entre 0,4 y 0,6 representan áreas de una densidad de vegetación alta. Los mayores valores están ubicados alrededor de los márgenes del arroyo Napostá Grande y Águila (0,6 y 1) y el resto de la zona está clasificada como vegetación ligera ya que toma valores entre 0,10-0,40.

El factor C que se obtiene desde las tablas de Whischmeier y Smith (1978) para suelo desnudo la media anual es de 1, para zona de pasturas 0,025 de valor máximo, para cultivos de maíz con laboreo convencional valores máximos de 0,55, Trigo entre 0,10 y 0,40. Almagro et al. (2019) realizó la comparación del factor C con los valores tabulados y estimó el factor C mediante la ecuación 3 y concluye que tiende a sobreestimar los valores de suelos desnudos. Esto se debe a que la fórmula depende del valor del NDVI el cual depende estrictamente de la biomasa espectral la cual capta los sensores de los satélites. Una gran ventaja del mapeo mediante esta herramienta es que puede proporcionar información adecuada para mejorar el modelado espacial y temporal de la erosión del suelo.

Olivera et al. (2015) remarca que este tipo de método indirecto puede generar incertidumbres respecto a las predicciones de la erosión del suelo, aunque es muy práctico utilizarlo por su facilidad de adquisición de los datos.

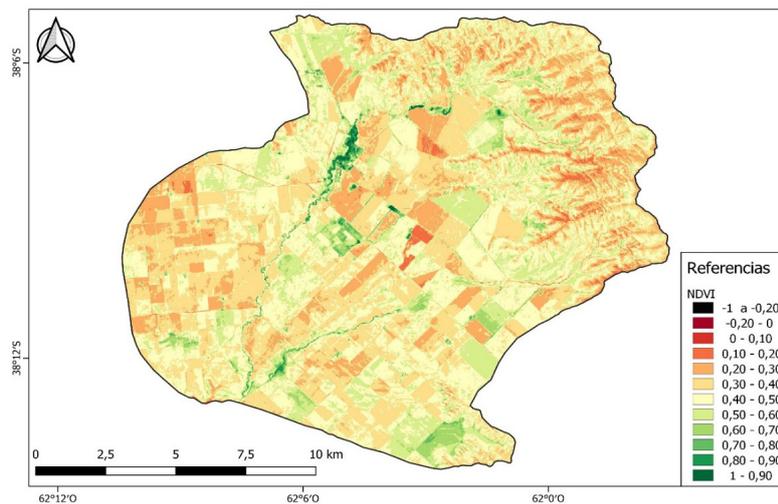


Figura 3. Promedio NVDI en épocas secas entre noviembre 2016 y 2020 para la cuenca alta del arroyo Napostá Grande

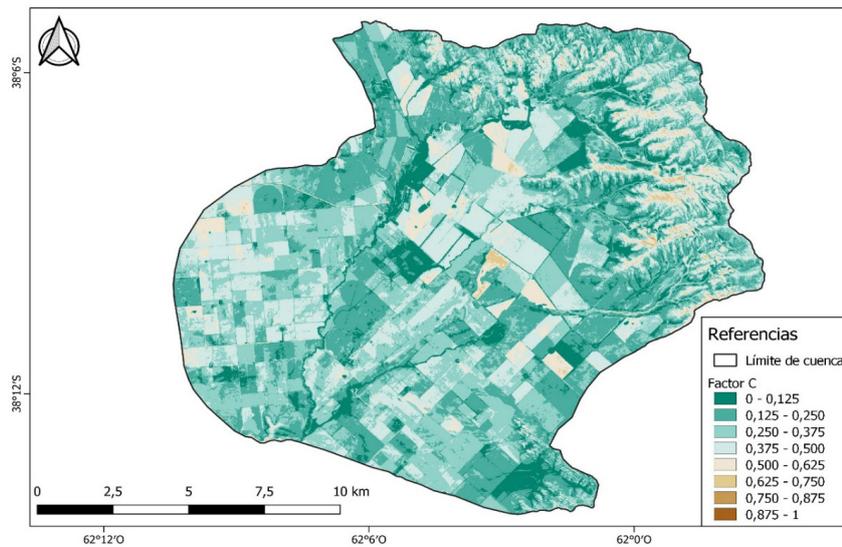


Figura 4. Factor C a partir de NDVI para la cuenca alta del arroyo Napostá Grande

En la figura 4 se puede observar que los menores valores (representados de color verde oscuro) de C indican una mayor cobertura vegetal y vegetación más densa correspondiente con sectores cercanos a los arroyos y en sectores en donde hay actividad agrícola la mayor parte del año. Por otro lado, los colores más claros/marrones indican una densidad de la cobertura vegetal menor, siendo más escasa y en ciertos casos (llegando a las zonas de las sierras, suelo desnudo).

Al realizar una comparación con la estimación del factor C para la República Argentina en el trabajo de Gaitán et al. (2017) cuyo valor es de 0,102 para cualquier cultivo en general (soja, trigo, maíz) se puede observar la diferencia de los valores en la categoría de cultivos y pastizal en el área de estudio. Los valores del factor C obtenidos para zonas de cultivo rondan entre 0–0,250 y para pastizales o suelos en el orden de 0,35. Esta diferencia se debe a que la escala de aplicación es local y en este caso a nivel de cuenca hídrica; con lo cual, el factor C calculado se puede utilizar como un modelo base donde la incidencia de la erosión hídrica para la cuenca sería mayor a la real utilizando otros métodos de estimación, dando un modelo de erosión actual mayor al que realmente sería.

CONCLUSIONES

Frente a la dificultad que significa la obtención o la generación de un mapa de usos de suelos y su constante actualización a través del tiempo, el recurrir a estimaciones indirectas mediante TIG permite la generación de herramientas de cálculo rápidas y efectivas para su aplicación a diferentes ámbitos. Para el cálculo del Factor C mediante el NDVI se debería considerar la zona climática y la toma de puntos de muestreo *in situ* para su validación. Estos son necesarios ya que este método al depender del NDVI, la masa de cobertura vegetal es la que establece el valor del factor C y este puede fluctuar y sobreestimar los resultados. Si se lo utiliza de insumo para la ecuación RUSLE, este generaría valores finales de erosión hídrica mayores de la que realmente existe.

REFERENCIAS

Almagro, A.; Thomé, T.C.; Colman, C.B.; Pereira, B.R.; Marcato Junior, J.; Bicca Rodrigues, D.B.; Sanches Oliviera, P.T. (2019). Improving cover and management factor (C-factor) estimation using remote sensing approaches for tropical regions. *International Soil and Water Conservation Research*, 7, 325-334. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.08.005>.

Cabrera, M. (1976). Territorios fitogeográficos de la República Argentina. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, Tomo II, Fascículo 1, Editorial Acme SACI, Buenos Aires, 90 pp.

Carrica, J. (1998). *Hidrogeología de la cuenca del Arroyo Napostá Grande, Provincia de Buenos Aires* (Tesis doctoral). Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur.

- Casado, A. y Campo, A.M. (2019). Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. *Cuadernos Geográficos*, 58(1), 6-26.
- Casado, A. y Picone, N. (2018). Aplicabilidad de los datos grillados para el análisis espaciotemporal de las precipitaciones, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Párrafos Geográficos*, 17(1), 46-62.
- Frangi, J.L. y Barrera, M.D. (1996). Biodiversidad y dinámica de los pastizales en la Sierra de la Ventana, Provincia de Buenos Aires (pp. 134-162). En G. Sarmiento y M. Cabildo (eds.) *Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas en América Latina*. Mérida: Cyted y Cielat.
- Gaitán, J.; Navarro, M.F.; Tenti Vuegen, L.; Pizarro, M.J.; Carfagno, P. y Rigo, S. (2017). *Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Gil, V. y Campo, A. (2000). Cuenca del Arroyo del Oro: Características hidrográficas y los efectos sobre la población. *Actas III Jornadas de Geografía Física*. Universidad del Litoral. 153-159 pp.
- Gil, V. (2010). *Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce grande aplicada al peligro de crecidas*. (Tesis doctoral). Programa de Posgrado del Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Mc Kee, T.; Doesken, N. y Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, p. 17-22. Anaheim: American Meteorological Society.
- Morgan, R.P.C. (2005). Soil erosion and conservation. National Soil Resources Institute. Cranfield University. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK. 304 p.
- Oliveira, P.T.S.; Rodrigues, D.B.B.; Alves Sobrinho, T.; Carvalho Borrelli, P.; Meusburger, K.; Ballabio, C.; Panagos, P.; Alewell, C. (2018). Object oriented soil erosion modelling: A possible paradigm shift from potential to actual risk assessments in agricultural environments. *Land Degradation and Development*, 29, 1270e1281. <https://doi.org/10.1002/ldr.2898>.
- Romero Diaz, M.A. (1989). *Las cuencas de los ríos Castril y Guardal (cabecera del Guadalquivir). Estudio Hidrogeomorfológico*. EXCMO, Ayuntamiento de Huéscar (Granada). Universidad de Murcia. 285 pp.
- Ruiz Vélez, A.C. y Pacheco Gil, H.A. (2020). RUSLE Factor C estimation in the Lodana River micro-basin using Sentinel 2 satellite images. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*. Volumen Especial, 2020, No. 2, 69-75
- Strahler, A.N. (1964). *Geografía Física*. Barcelona: Omega.
- Tucker, C.J. (1979). Red and Photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127e150
- Van der Knijff, J.; Jones, R. y Montanarella, L. (1999). *Soil erosion risk assessment in Italy*. European Soil Boreau, Scape Applications Institute. Recuperado de <http://citeseeerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.397.2309&rep=rep1&type=pdf>.
- Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall losses: A guide to conservation planning. *Agricultural Handbook* (537). Washington D.C.

ANÁLISIS TEMPORAL DE LA SUSCEPTIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA INFERIOR DE RÍO NEGRO

Grethel García Bu Bucogen
Instituto Argentino de Oceanografía

Vanesa Yael Bohn
Universidad Nacional del Sur

María Cintia Piccolo
Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas y semiáridas son sistemas socioecológicos vulnerables ante la ocurrencia de eventos extremos (Brendel et al., 2017). Uno de los factores naturales más influyentes en la hidrología regional es la variabilidad climática con la alternancia de ciclos secos, normales

y húmedos (Bohn et al., 2011; Brendel et al., 2017; Lu et al., 2020). La extensión de las zonas susceptibles a anegarse depende del régimen de precipitación y de las características del terreno y el uso de la tierra (Olivera et al., 2011).

En la literatura internacional se han realizado estudios para la delimitación exitosa de zonas sensibles a inundación o anegamiento. Olivera et al. (2011) delimitan las áreas más susceptibles a anegarse en la cuenca de Guanabo (Cuba) con la aplicación de una evaluación multicriterio que conjuga características del terreno y datos pluviométricos. En Argentina, Bohn et al. (2011) identifican los períodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y correlacionan la extensión areal de lagunas someras de la región con la precipitación durante períodos secos, normales y húmedos. En 2020, Ferrelli realizó un estudio sobre variabilidad climática y sus efectos sobre las coberturas del suelo en seis cuencas hidrográficas de Argentina (Ferrelli, 2020).

El área de estudio corresponde al sector inferior de la cuenca hidrográfica del Río Negro, en la Patagonia Argentina. A pesar de su carácter semiárido existen, para la región, reportes de inundaciones durante los últimos 120 años (Pérez Morando, 2005). Actualmente, el lugar está habitado y es de interés económico. Sin embargo, no existen trabajos publicados actualizados que delimiten las zonas hídricamente susceptibles durante diferentes situaciones pluviométricas. Por ello, el objetivo del estudio es analizar la variación temporal de la susceptibilidad hídrica, sobre la base de una metodología previamente desarrollada para situaciones climatológicas normales (García Bu Bucogen et al., 2021), teniendo en cuenta los factores físico-geográficos de la cuenca inferior de Río Negro.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye el sector inferior de la cuenca del Río Negro, Argentina. La zona está localizada entre los 40° - 41° S y 63° - 64° O, en el noreste de la región patagónica (figura 1). Abarca 2.000 km², desde la localidad de Primera Angostura hasta el Océano Atlántico (SSRH-INA, 2002). Las unidades administrativas comprendidas en el lugar son Adolfo Alsina, Conesa (provincia de Río Negro) y Carmen de Patagones (provincia de Buenos Aires). La región posee 60.069 habitantes (INDEC, 2010).

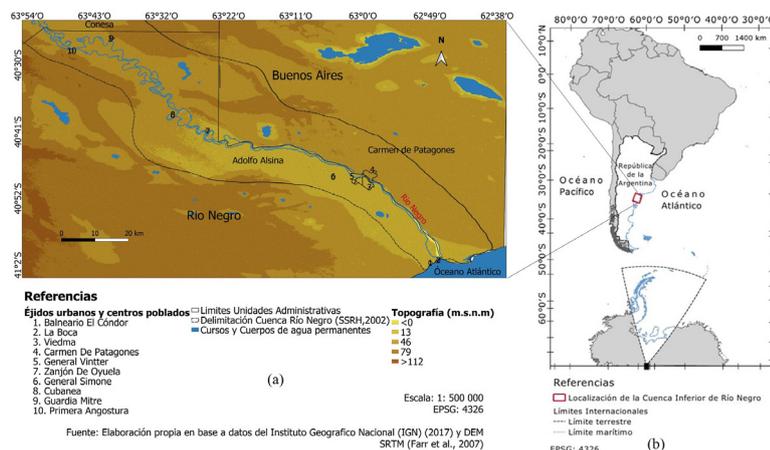


Figura 1. Área de estudio: a) cuenca inferior del río Negro; b) localización relativa del área de estudio

Los suelos del área son del orden de los Aridisoles, Entisoles y Fluviosoles (Coronato et al., 2017; Morello et al., 2012). En cuanto a la topografía, predominan los ambientes llanos y de mesetas (ECYT-AR, 2014). El clima es semiárido transicional a árido de estepa con una temperatura media anual de 15°C y precipitaciones de 300 mm (Morello et al., 2012). La vegetación herbácea y cultivos intensivos bajo riego son las coberturas del suelo dominantes (SAGyP-INTA, 1990). Las actividades económicas que se desarrollan en el área son la agricultura, ganadería y turismo (ECYT-AR, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis de la variación temporal de la susceptibilidad hídrica se aplicó la metodología de estimación de susceptibilidad hídrica desarrollada previamente (García Bu Bucogen et al., 2021) para el área con condiciones climáticas promedio. Se definieron periodos secos, húmedos y normales mediante el análisis de las categorías del Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) (Vicente-Serrano et al., 2010) (<http://spei.csic.es>) (Resolución 0.5°). La escala empleada fue la del SPEI de 12 meses, que es la recomendada para trabajar con humedales y/o cobertura de agua superficial (Bohn et al., 2011). La selección de las imágenes satelitales correspondió a los períodos previamente identificados. Los datos satelitales correspondieron a la base de datos de libre acceso del Servicio Geológico de Estados Unidos (en inglés, USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov>). El detalle de los mismos se brinda en la tabla 1.

Fecha de adquisición de la imagen	Conjunto de datos	Estación del año	Situación hídrica (según SPEI)
05/08/2009	Lansat 7 TM+	Invierno	Seca
16/10/2009	Lansat 4-5 TM	Primavera	Seca
20/01/2010	Lansat 4-5 TM	Verano	Seca
12/05/2013	Lansat 8 OLI/TIRS	Otoño	Seca
18/01/2015	Lansat 8 OLI/TIRS	Verano	Húmeda
23/03/2015	Lansat 8 OLI/TIRS	Otoño	Húmeda
13/07/2015	Lansat 8 OLI/TIRS	Invierno	Húmeda
17/10/2015	Lansat 8 OLI/TIRS	Primavera	Húmeda
29/01/2019	Lansat 8 OLI/TIRS	Verano	Normal
21/05/2019	Lansat 8 OLI/TIRS	Otoño	Normal
24/07/2019	Lansat 8 OLI/TIRS	Invierno	Normal
26/09/2019	Lansat 8 OLI/TIRS	Primavera	Normal

Tabla 1. Detalles referentes a las imágenes satelitales trabajadas, las mismas un nivel de procesamiento 2 (USGS, 2021)

La figura 2 describe la metodología empleada para identificar la cobertura de agua en la zona de estudio. Las características del terreno se obtuvieron de bases de datos previamente publicados por organismos oficiales:

- Unidades Geomorfológicas (E: 1:500.000), Drenaje del suelo (E: 1:500.000), Textura del suelo (E: 1:500.000): Carta de Suelos de la República Argentina del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (SAGyP-INTA, 1990);
- Relieve (E: 1:250.000), e Infraestructura de Datos Espaciales de Centros poblados (E: 1:250.000): de Infraestructura de Datos Espaciales del IGN (2017);

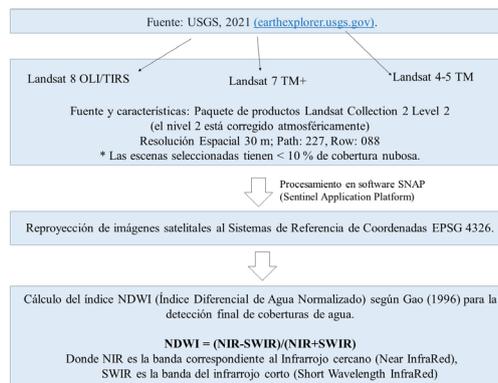


Figura 2. Metodología para la identificación de la cobertura de agua con el empleo de productos satelitales

La susceptibilidad hídrica se estimó para los periodos secos, normales y húmedos previamente definidos mediante el índice climático SPEI, con la aplicación de una evaluación multicriterio. La jerarquización y posterior asignación de pesos se obtuvo en base al criterio de expertos previamente publicados para ambientes similares al área de estudio (Olivera Acosta et

al., 2011 y Carrascal et al., 2018, García Bu Bucogen et al., 2021). La ecuación 1, propuesta por Olivera Acosta (2011) y aplicada en García Bu Bucogen et al. (2021), se empleó para calcular la suma lineal de la ponderación de cada criterio:

$$\text{SUSCEPTIBILIDAD (S)} = (\text{Peso (P)}_1 * \text{variable (V)}_1) + (\text{P}_2 * \text{V}_2) + \dots + (\text{P}_N * \text{V}_N) \text{ (Ecuación 1)}$$

donde los P ponderados fueron multiplicados por las ponderaciones correspondientes a las variables (V) (ecuación 1). La cartografía de los resultados y porcentaje del área ocupada por cada categoría de susceptibilidad se calculó con el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS (QGIS.org).

RESULTADOS

Selección de imágenes para los periodos secos, normales y húmedos.

De acuerdo a los valores del SPEI y a la disponibilidad de imágenes, se seleccionaron y procesaron doce imágenes satelitales correspondientes a las fechas descritas en la tabla 1. Los meses de enero de 2010, mayo de 2013, agosto y octubre de 2009, fueron elegidos para representar condiciones secas (figura 3a). Los valores del SPEI durante el verano, invierno y primavera presentaron valores de SPEI inferiores a -2,00 (condiciones extremadamente secas); mientras el otoño fue moderadamente seco.

Los meses de enero, mayo, julio y septiembre de 2019 fueron seleccionados para representar condiciones hídricas normales (figura 3b). En cambio, el 2015 fue elegido para estudiar un régimen más húmedo (figura 3c). Hasta agosto de este año, las condiciones fueron extremadamente húmedas y muy húmedas para el resto del periodo.

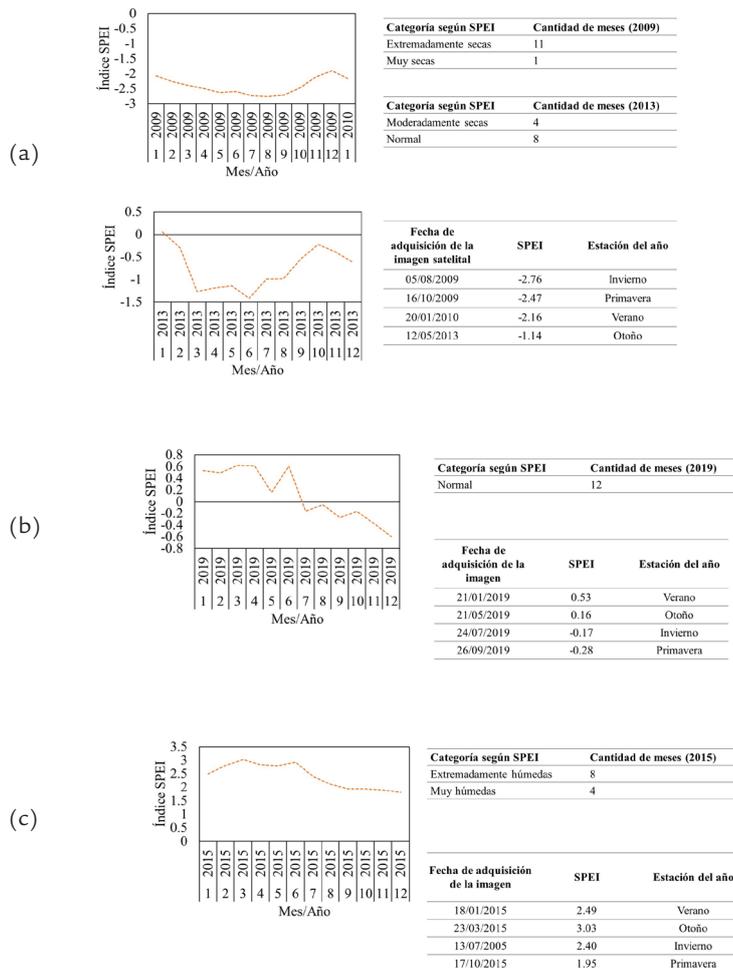


Figura 3. Categorías y duración de SPEI: (a) periodo seco, (b) periodo normal y (c) periodo húmedo

Susceptibilidad hídrica estacional según el periodo pluviométrico.

Tras la selección de las imágenes satelitales, las mismas fueron procesadas digitalmente de acuerdo a la metodología descrita en la figura 2 y la ecuación 1, previamente enunciada por Garcia Bu Bucogen et al. (2021), para la estimación de la susceptibilidad. Como resultado, se halló que la extensión de las áreas no susceptibles y con susceptibilidad baja fueron similares en los tres periodos de estudio y durante todas las estaciones del año. Las diferencias en cuanto a la extensión de las subzonas con susceptibilidad alta y media fueron advertidas en la mayoría de los periodos de estudio. El verano fue la estación con menos contrastes espaciales en cuanto a la extensión de las superficies con susceptibilidades media y alta (1,2% del área total tuvo susceptibilidad alta) (figura 4a). Se hallaron diferencias superficiales en zonas con susceptibilidad media y alta durante condiciones secas y húmedas para el resto de las estaciones (figura 4b, 4c y 4d).

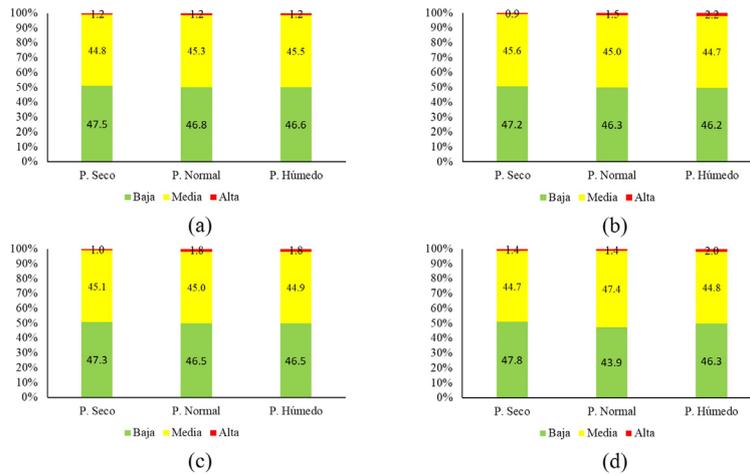


Figura 4. Distribución en porcentaje del área de estudio de las subzonas de susceptibilidad hídrica media y alta. (a) verano, (b) otoño, (c) invierno y (d) primavera

El otoño fue la estación en la cual se evidenciaron las diferencias más importantes en cuanto a la susceptibilidad entre periodos secos y húmedos (figura 4b). La superficie con susceptibilidad alta fue del 0,9% (24,7 km²) en condiciones secas. Mientras, para épocas húmedas, el área con susceptibilidad alta fue el 2,2% (61,1 km²). Las figuras 5b y 5c muestran el desarrollo de pequeñas lagunas y cursos de agua durante los periodos normal y húmedo de la temporada otoñal. Mientras, en el mapa de susceptibilidad hídrica correspondiente al periodo seco (figura 5a), se observa la reducción y desaparición de estas extensiones, razón por la cual decrece el área con susceptibilidad alta.

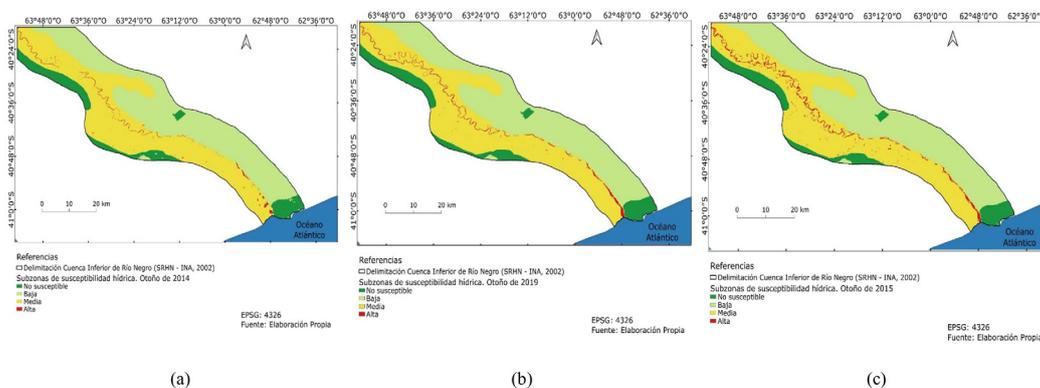


Figura 5. Subzonas de susceptibilidad hídrica en la cuenca inferior del Río Negro durante la estación otoñal. (a) periodo seco, (b) periodo normal y (c) periodo húmedo

La localidad de Zanjón de Oyuela (figura 1) posee una susceptibilidad hídrica alta durante condiciones húmedas, esta situación no se repite en otros períodos. Viedma, La Boca, General Vitter, General Simone, Cubanea y Primera Angostura (figura 1) están localizados en zonas de susceptibilidad media. Carmen de Patagones está en un área de susceptibilidad baja. La extensión areal promedio de las zonas con susceptibilidad media y alta fue del 46,6% (1.304 km²) del área estudiada.

CONCLUSIONES

El principal aporte del trabajo es la adición de la variable temporal a la metodología previamente desarrollada para el estudio de situaciones normales de susceptibilidad hídrica en el área de estudio (García Bu Bucogen et al., 2021). El uso de datos de libre acceso en esta investigación permite la actualización constante de los resultados, así como también la realización de estudios retrospectivos. El estudio demuestra que existe un efecto del balance hídrico de la región (representado por el SPEI, a escala 12 meses) sobre las extensiones susceptibles a inundarse. El aumento de dicha susceptibilidad se manifestó a través del desarrollo de pequeñas lagunas y modificaciones a lo largo del curso de agua principal. En cambio, durante la época de sequía, estas extensiones de agua no se desarrollan o disminuyen su extensión. Este comportamiento fue más significativo durante las estaciones de otoño, invierno y primavera. Las mayores diferencias superficiales entre las distintas categorías de susceptibilidad hídrica se hallan durante la temporada otoñal. En particular, la localidad de Zanjón de Oyuela posee una susceptibilidad alta durante condiciones húmedas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional del Sur y al CONICET. Los autores reconocen, también, por la provisión de datos de libre acceso a las siguientes instituciones y/o proyectos: National Aeronautics and Space Administration (NASA), el Langley Research Center (LaRC), al Servicio Geológico de Estados Unidos (en inglés, USGS), al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), a la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SRHN) y al Instituto Geográfico Nacional (IGN).

REFERENCIAS

- Bohn, V.Y.; Piccolo, M.C y Perillo, G.M.E. (2011). Análisis de los periodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de Climatología*, 11, 31-43. ISSN 1578-8768.
- Brendel, A.S.; Bohn, V.Y y Piccolo, M.C. (2017). Variabilidad de la precipitación y su relación con los rendimientos agrícolas en una región semiárida de la llanura pampeana (Argentina). *Estudios Geográficos*, LXXVIII(282). doi: 10.3989/estgeogr.201701
- Carrascal, C.N.; Bohn, V.Y.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. (2018). Análisis de la susceptibilidad hídrica en una cuenca de llanura (Buenos Aires, Argentina). *XII Jornadas Nacionales de Geografía Física*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco - Red Argentina de Geografía Física, Trelew, Argentina.
- Coronato, A.; Mazzoni, E.; Vazquez, M. y Coronato, F. (2017). *Patagonia: una síntesis de su geografía física* (1ra ed.). UNPA Edita. ISBN 978-987-3714-40-5
- García Bu Bucogen, G.; Piccolo, M.C. y Bohn, V.Y (2021). Estimación de la susceptibilidad a inundaciones en la cuenca inferior de Río Negro (Argentina). *FINISTERRA*, en prensa.
- ECYT-AR. (2014). Instituto de Desarrollo del Valle Inferior del Río Negro «Comandante Luis Piedra Buena». *La enciclopedia de ciencias y tecnologías en Argentina*. Consultado el 20 de noviembre de 2020. https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Instituto_de_Desarrollo_del_Valle_Inferior_del_Río_Negro_«Comandante_Luis_Piedra_Buena»
- Ferrelli, F. (2020). Efectos de la variabilidad climática sobre las coberturas del suelo de distintas cuencas hidrográficas de Argentina. *Revista Geográfica Digital*, 17(34). E-ISSN: 1668-5180.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos INDEC. (2010). *Censo 2010*. Consultado el 20 de mayo de 2020. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel3-Tema-2-41>

- Lu, J.; Carbone, G.J.; Huang, X.; Lackstrom, K. y Gao, P. (2020). Mapping the sensitivity of agriculture to drought and estimating the effect of irrigation in the United States, 1950–2016. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol 292–293. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108124>
- Morello, J.; Mattereducci, S.D.; Rodriguez, A.F. y Mariana, S. (2012). *Ecorregiones y complejos ecosistemicos argentinos* (1ra ed.). Orientación Gráfica Editora. ISBN 978-987-1922-00-0
- Olivera Acosta, J.; Morales G.; García Rivero, A.; Salgado, E.; López M.; Estrada, R. y Campos Dueñas, M. (2011). El uso de los SIG y la evaluación multicriterio (EMC) para la determinación de escenarios peligrosos de inundaciones en cuencas fluviales. Estudio de caso cuenca Guanabo. *Proyección*, 10, 143-163. ISSN 1852-0006
- Pérez Morando, H. (2005, 24, octubre). Inundaciones y mudanzas de pueblos. *Diario Rio Negro*. <https://www.rionegro.com.ar/inundaciones-y-mudanzas-de-pueblos-FFHRN05102416241401/>
- SAGyP-INTA. (1990). *Suelos de la República de Argentina*. Proyecto PNUD ARG/85/019, Instituto de Suelos y EEAs del INTA. Consultado el 18 de noviembre de 2020. <http://www.geointa.inta.gob.ar/2013/05/26/suelos-de-la-republica-argentina/>
- SSRH-INA. (2002). *Atlas Digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República de Argentina*. Consultado el 15 de noviembre de 2020. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/mapa_cuencas_ssrh_130x91cm_ed2017.jpg
- USGS. (2021). *U.S. Geological Survey*. Consultado el 20 de mayo de 2021. <https://www.usgs.gov>
- Vicente-Serrano M.; Beguería, S. y López-Moreno, J.I. (2010). A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index – SPEI. *Journal of Climate*, 23(7), 696-1718. <http://dx.doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>

LAS FORESTACIONES EN LOCALIDADES TURÍSTICAS COSTERAS: ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN EL SUR DE VILLA GESELL, BUENOS AIRES, PARA EL PERÍODO 1986-2020

Pedro Garzo

Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCC - CIC/UNMdP). Instituto de Investigaciones Marinas y costeras (IIMYC - CONICET/UNMdP). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

José Dadon

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Centro de Investigación Gestión de Espacios Costeros (GEC - FADU/UBA). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

RESUMEN

A principios del siglo XX, la barrera medanosa oriental, ubicada en el sector noreste de la costa atlántica bonaerense estaba dominada por pastos y vegetación rala del género *Panicum*. Desde mediados de la década del '50, el *boom* del turismo de sol y playa se vio acompañado de la implantación de forestaciones de especies exóticas de crecimiento rápido con el objetivo de estabilizar las dunas y permitir así la expansión urbana. Dichas forestaciones indujeron desequilibrios sedimentarios que culminaron en problemas de erosión costera. Asimismo, la urbanización y las actividades turísticas actúan como un motor de dispersión de la vegetación, pudiendo extender los impactos más allá de las forestaciones originales. El objetivo del presente trabajo fue analizar los cambios en la superficie vegetada para las localidades del sur del partido de Villa Gesell en el período 1985-2020 a partir del uso de imágenes Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI/TIRS. A la vez, se analizaron dichos cambios para el área de la Reserva Natural Faro Querandí, siendo este uno de los únicos sectores remanentes de la barrera medanosa oriental con reducido grado de intervención antrópica. Se observó un avance gradual y sostenido de la vegetación para todo el período de estudio, pudiendo así poner en riesgo uno de los principales objetivos de la creación de la reserva: la conservación del cordón dunícola.

Palabras clave: Áreas costeras; NDVI; Especies exóticas; Áreas protegidas

INTRODUCCIÓN

El litoral atlántico de la provincia de Buenos Aires, con casi 1300 km de longitud, comprende una extensa franja con depósitos de dunas y playas como ambientes característicos. Estos se ven interrumpidos únicamente por un sector costero de acantilados erosionables de rocas cuarcíticas producto de la prolongación del sistema de sierras de Tandil (Isla et al., 2001). De esta manera quedan delimitadas la *barrera medanosa oriental*, en el sector noreste de la provincia y la *barrera medanosa austral* en el sudeste de la misma (Isla, 2017) (figura 1).

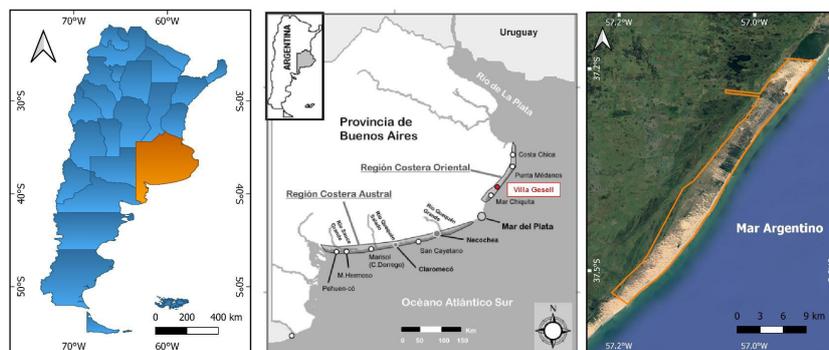


Figura 1. Ubicación el partido de Villa Gesell dentro de la barrera medanosa oriental
Fuente: modificado de Turno Orellano et al. (2003)

Existe profusa evidencia acerca de la urbanización como motor de dispersión de la vegetación. Este proceso puede verse acompañado de la extinción de especies nativas y la propagación de exóticas con alto nivel de invasividad (Faggi y Dadon, 2010). En las localidades costeras, los cambios de uso del suelo producto de la urbanización turística han impactado directamente a la biodiversidad local.

A principios del siglo XX, las dunas del litoral bonaerense presentaban una vegetación dominada por pastos del género *Panicum* resistentes a las condiciones del entorno (Cabrera, 1941). Desde la década del '50, el auge del turismo de sol y playa se vio acompañado de la estabilización de dunas mediante implantación de especies leñosas de crecimiento rápido y la producción de jardines y espacios verdes en áreas residenciales. Estos cambios se asociaron directamente al reemplazo de la biodiversidad del cordón costero por forestaciones multi o uni-específicas de especies leñosas exóticas. A la vez, estas fijaciones generaron una disminución en la disponibilidad de arena, alterando la morfología original y el equilibrio sedimentario playamédano e induciendo problemas de erosión costera (Ista et al., 1998). Aun así, en algunas localidades como Villa Gesell y Miramar, estas forestaciones son valoradas como patrimonio de la comunidad y son parte de la identidad cultural local (Dadon, 2002).

El monitoreo de vegetación por medio de herramientas de teledetección e índices espectrales ha sido ampliamente utilizado en las últimas décadas. El índice de Vegetación Diferencial Normalizado o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) es un parámetro que correlaciona la actividad fotosintética y provee un indicio del "verdor" de la vegetación (Sellers, 1985). A su vez, se vincula a variables biofísicas tales como la biomasa y el área foliar (Ponzoni y Shimabukuro, 2007). Las series de tiempo de este índice permiten diferenciar coberturas vegetales basándose en su fenología o en sus variaciones estacionales, pudiendo así diferenciar entre árboles, arbustos y pastizales (Senay y Elliot, 2002; Van Wagtendonk y Root, 2003).

El NDVI se basa en contrastar la absorción de los pigmentos fotosintéticos vegetales en la banda visible del rojo (R) con la alta reflectancia del mesófilo de las hojas en el infrarrojo cercano (NIR) (Myneni et al., 1995). A partir de esto se define al NDVI como:

$$(1) \quad NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Las barreras de dunas, naturalmente frágiles (Greipsson, 2002), tienen un rol importante en la protección de áreas naturales y urbanas frente a mareas extraordinarias de tormentas, fuertes vientos y tormentas de arena. A la vez, actúan como reservorio de agua dulce y barrera natural frente a la intrusión salina en los acuíferos costeros (Clark, 1996; Carretero y Kruse, 2014). En la barrera medanosa oriental, las áreas protegidas constituyen aproximadamente el 20,6% de la superficie total del cordón dunícola y aparecen como los únicos remanentes de ambientes naturales con bajo nivel de transformación antrópica (Celsi et al., 2015). La Reserva Natural Municipal “Faro Querandí” (RNFQ), creada en 1996, se ubica en la zona sur del partido de Villa Gesell (figura 1), con una extensión de más de 5.700 hectáreas (Celsi et al., 2016).

El objetivo del presente trabajo fue analizar los cambios en la superficie vegetada para un sector del sur del Partido de Villa Gesell que incluye a la Reserva Natural Faro Querandí. Siguiendo lo propuesto por Faggi y Dadon (2010) se asume que la vegetación de la zona de estudio se puede caracterizar en *vegetación baja* y *forestaciones*. La primera agrupa a las especies del género *Panicum* presentes en las dunas vivas, las depresiones intermedanasas y en los suelos arenosos; la segunda representa a las especies exóticas introducidas para la fijación de dunas, tales como *Acacia melanoxylon* (Acacia negra), *Tamarix gallica* (Tamarisco) y *Pinus maritimus* (Pino), entre otras. Se espera que estos resultados puedan contribuir a la conservación de la biodiversidad nativa a partir de planes de manejo y gestión costera que garanticen la persistencia de las comunidades naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se delimitó como área de estudio al sector de la barrera medanosa comprendido entre la localidad de Mar de Las Pampas y el límite sur de la RNFQ. Esta incluye a Mar de las Pampas, Las Gaviotas y Mar Azul, así como toda el área de la reserva y los terrenos privados ubicados al sur y oeste de las mencionadas localidades costeras (figura 2).



Figura 2. Ubicación del área de estudio
Fuente: elaboración personal

Datos satelitales

Se utilizaron ocho imágenes nivel L1TP del Path 224 y Row 86 correspondientes a las plataformas Landsat 5 (L5) y Landsat 8 (L8) nivel L1TP. Las mismas fueron obtenidas de la plataforma de acceso abierto *Earth Explorer* del United States Geological Survey (USGS)

(<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Las adquisiciones abarcan una escala temporal de análisis de 35 años comprendidos entre 1986 y 2020, con cortes temporales cada cinco años. La imagen restante fue utilizada para extraer valores de referencia. Se adquirieron imágenes de verano, ya que es la estación que permitió una mejor diferenciación entre las coberturas vegetales. La resolución espacial de todas las imágenes fue de 30 m x 30 m y se seleccionaron aquellas con una cobertura nubosa inferior a 10% (tabla 1).

Imagen	Fecha	Plataforma	Sensor	Path / Row	Cobertura Nubosa [%]
1	13 - ENE - 1986	L5	TM	224 / 86	0
2	16 - MAR - 1991	L5	TM	224 / 86	0
3	09 - ENE - 1996	L5	TM	224 / 86	0
4	07 - FEB - 2001	L5	TM	224 / 86	0
5	05 - FEB - 2006	L5	TM	224 / 86	0
6	18 - ENE - 2011	L5	TM	224 / 86	0
7	20 - MAR - 2016	L8	OLI/TIRS	224 / 86	0
8	11 - ENE - 2020	L8	OLI/TIRS	224 / 86	0
9	2 - MAR - 2021	L8	OLI/TIRS	224 / 86	8

Tabla 1. Imágenes utilizadas para el presente estudio

Procesamiento

Se siguió el flujo de trabajo presentado en la figura 3. En primer lugar, las imágenes Level 1TP ya calibradas radiométricamente y georreferenciadas, fueron convertidas a valores de reflectancia TOA (*top of atmosphere*) a modo de estandarizar la información proveniente de distintos sensores. A partir de estas, se estimó el NDVI utilizando las bandas 3 y 4 para L5 y las bandas 4 y 5 para L8 (tabla 2).

Se ajustaron los valores de NDVI estimados para L8 OLI/TIRS según Roy et al., (2016) y Teillet et al., (2001) para poder compararlos con los obtenidos con L5 TM, ya que la resolución de las bandas rojo e infrarrojo difiere para ambos sensores (tabla 2). Para ello se multiplicó a los valores estimados por un factor de 0.8796.

Por último se seleccionaron sitios de cobertura conocida a partir de relevamientos a campo para la imagen de 2021 y se estimó el NDVI promedio zonal. De allí se extrajeron los valores de referencia utilizados para la posterior reclasificación y categorización de las imágenes (tabla 3). Los pasos mencionados fueron corridos dentro del *software* Quantum Gis 3.8.2 (QGIS, 2018). Para algunos de ellos se utilizó el complemento Semi- Automatic Classification Plugin (Congedo, 2020).

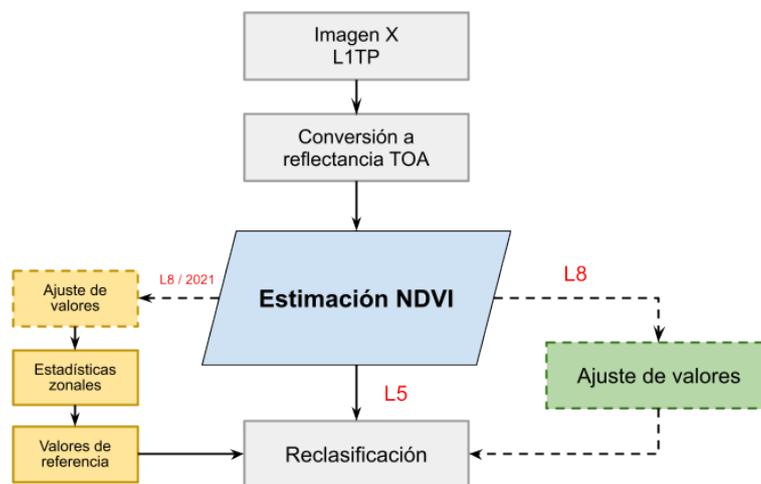


Figura 3. Flujo de trabajo utilizado. Los pasos con líneas punteadas solo fueron aplicados para las imágenes Landsat 8 OLI/TIRS

Bandas L5	Longitud de onda [micrómetros]	Bandas L8	Longitud de onda [micrómetros]
1 - Azul	0.45 - 0.52	1 - Coastal Aerosol	0.43 - 0.45
2 - Verde	0.52 - 0.60	2 - Azul	0.45 - 0.51
3 - Rojo	0.63 - 0.69	3 - Verde	0.53 - 0.59
4 - NIR	0.76 - 0.90	4 - Rojo	0.64 - 0.67
5 - SWIR	1.55 - 1.75	5 - NIR	0.85 - 0.88
6 - Infrarrojo térmico	10.40 - 12.50	6 - SWIR 1	1.57 - 1.65
7 - SWIR	2.08 - 2.35	7 - SWIR 2	2.11 - 2.29
		8 - Panchromatic	0.50 - 0.68
		9 - Cirrus	1.36 - 1.38
		10 - Infrarrojo térmico 1	10.60 - 11.19
		11 - Infrarrojo térmico 2	11.50 - 12.51

Tabla 2. Resolución espectral para las distintas bandas de los sensores L5 TM y L8 OLI/TIRS
Fuente: http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

Cobertura	Valor Min	Valor Max
Agua	-0.568	-0.408
Duna sin vegetar	0	0.172
Vegetación baja	0.218	0.362
Forestaciones	0.446	0.562

Tabla 3. Valores de NDVI de referencia extraídos de la imagen de 2021

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la categorización de los valores de NDVI se estimó el porcentaje de píxeles ocupados por cada clase para toda el área de estudio y para el área comprendida por la RNFQ. Al igual que en Faggi y Dadon (2010), se pudo observar que la vegetación es más abundante en las zonas urbanas que en los campos de dunas (figura 4).

La vegetación avanzó gradualmente entre 1986 y 2020, pasando de un 32,2 % a un 50% para el área de estudio (figura 5). La vegetación baja y las forestaciones se incrementaron de 22,9% a 34,9% y 9,3 a 15,2% respectivamente. Este crecimiento se dio a cambio de una disminución en los sectores de duna sin vegetar las cuales se redujeron de un 59,4% a un 35,4%.

Este incremento de las forestaciones puede tener beneficios y desventajas. Si bien es recomendado para zonas áridas y semiáridas donde se busca incrementar la riqueza de especies y mejorar la fertilidad del suelo, existe evidencia acerca de que la introducción de especies exóticas ha causado daños irreversibles en el ambiente a nivel local. Por esta razón se ha dejado de implementar la estabilización de dunas con forestaciones en algunos países como Inglaterra, Gales y Dinamarca (Defra, 2007).

Para el caso de la RNFQ, la vegetación también se arraigó gradualmente incrementando su porcentaje de 10,5% a 34,7% (figura 6). La vegetación baja y las forestaciones se incrementaron de 5,8% a 25,8% y 4,7% a 8,9% respectivamente. Las dunas se redujeron de un 83,7% a un 51,1%.

Gracias a los procesos de dispersión, la vegetación es capaz de crecer espontáneamente y volverse invasiva (Faggi y Dadon, 2010). Sin embargo, del análisis de la figura 4 se puede observar que el avance de la vegetación se dio a partir de núcleos previos y no a partir de saltos o parches espontáneos.

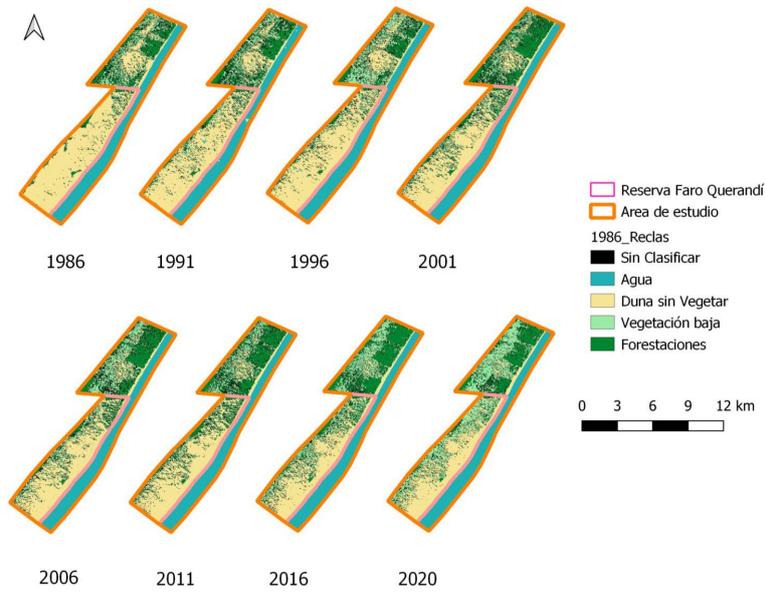


Figura 4. Cambios temporales en las categorías de NDVI para el área de estudio

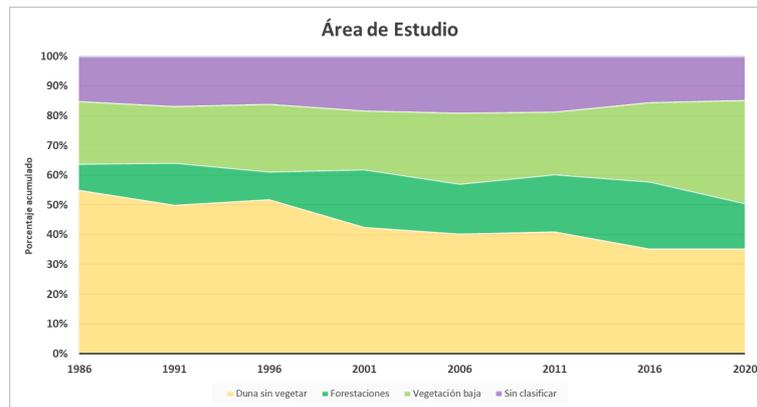


Figura 5. Porcentajes acumulados de las categorías de NDVI para el área de estudio. Se desestimó a la categoría agua por no presentar cambios significativos entre 1986 y 2020.

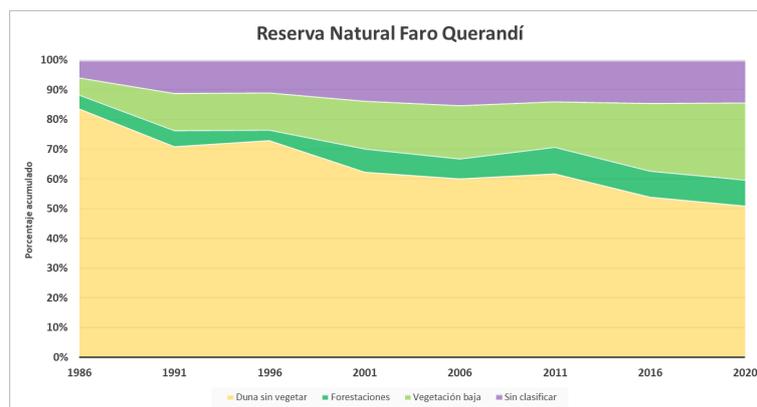


Figura 6. Porcentajes acumulados de las categorías de NDVI para la RNFQ. Se desestimó a la categoría agua por no presentar cambios significativos entre 1986 y 2020.

La fijación del sustrato a partir del establecimiento de la vegetación se ve acompañada del desarrollo de suelos en la superficie de las dunas estabilizadas, favoreciendo la disponibilidad de agua y nutrientes (Li et al., 2007). De esta manera se incrementa la riqueza de especies (Kutiel et al., 2004), y la superficie y densidad de la cobertura vegetal creándose nuevos núcleos

de avance. A la vez, la vegetación dunar es capaz de atrapar propágulos dispersados por el viento, generando un efecto sinérgico (Aguar y Sala, 1997). El avance bajo esta forma tiende a ser gradual, escalonado y aparentemente irreversible (figura 4).

A partir de esto, se observan dos direcciones de avance de la vegetación: oeste-este y norte-sur. La primera de ellas, proveniente desde las tierras rurales al otro lado de la Ruta Provincial n° 11, tiende a ser más continua y compacta a partir de vegetación arbórea y herbácea ya establecida.

La segunda, proveniente de las localidades costeras, es algo más dispersa. El impacto del turismo y la dispersión de la vegetación no se encuentran confinados estrictamente a los límites de las localidades costeras (Faggi y Dadon, 2010). Las actividades turísticas se extienden gradualmente desde los entornos urbanos hacia las playas más alejadas y conservadas, incluso las zonas de reserva, generando así un gradiente de impacto antrópico (Dadon, 2002). De esta manera, el avance en dirección norte-sur podría deberse a diversos procesos de dispersión: actividades recreativas en las zonas de dunas y playa, tránsito de cuatriciclos y camionetas 4x4, cabalgatas, senderismo, o dispersión mediada por aves, entre otras.

Cabe destacar que el patrón de avance mencionado no se observa en los alrededores de la forestación inducida del Faro Querandí (figura 4). Esto podría deberse a que fue implantada con especies que no se extenderían de manera espontánea ni tampoco estarían sujetas a algún proceso de dispersión que favorezca su avance (figura 7). De ser así, esta forestación no se expandiría hasta que los núcleos de avance consigan estabilizar el sustrato cercano y generen condiciones propicias para ello.



Figura 7. El Faro Querandí y su forestación
Fuente: archivo personal

CONCLUSIONES

- » La superficie vegetada se incrementó en el período 1985-2020 tanto para el total del área de estudio como para el sector comprendido por la RNFQ. Este incremento se debe a un avance de la vegetación baja y de las especies leñosas de crecimiento rápido. El incremento en la superficie vegetada se dio, en ambos casos, a expensas de una reducción en la superficie de las dunas sin vegetar.
- » La colonización de la vegetación se dio a partir de núcleos de avance. Estos parches no espontáneos generarían condiciones favorables para el establecimiento de nuevos individuos, promoviendo así un avance gradual, escalonado y aparentemente irreversible.
- » Se identificaron dos direcciones de avance de la vegetación: una oeste-este proveniente de las tierras rurales del municipio vecino y otra norte-sur donde actuarían procesos de dispersión vinculados al avance urbano y las actividades turísticas.
- » El incremento de la cobertura vegetal tiende a fijar las dunas alterando el equilibrio sedimentario playa-médano. Desde el punto de vista funcional, se reduce así la capacidad

regulatoria del área dentro de la dinámica geomorfológica local. Esto puede poner en riesgo uno de los principales objetivos de la creación de la RNFQ vinculado a la conservación del cordón dunícola.

- » Se espera que estos resultados puedan ser incluidos en planes de manejo costero que contemplen la importancia de las dunas costeras y de las áreas protegidas como últimos relictos de estos ambientes con bajo nivel de intervención antrópica.

REFERENCIAS

- Aguiar, M.R. y Sala, O.E. (1997). Seed distribution constrains the dynamics of the Patagonian steppe. *Ecology*, 78, 93-100.
- Cabrera, A.L. (1941). Las comunidades vegetales de las dunas costaneras de la provincia de Buenos Aires, 5-44. *DAGI*, 1(2), 1-44.
- Carretero, S. y Kruse, E. (2014). Impacto de la urbanización en la infiltración en un área costera, Argentina. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(6), 5-24.
- Celsi, C.E.; Cenizo, M.; Sotelo, M.; Salas, R. y Athor, J. (2016). Las áreas naturales protegidas de la costa bonaerense. La costa atlántica de Buenos Aires: naturaleza y patrimonio cultural. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 487-527.
- Celsi, C.E., Cenizo, M. y Kacoliris, F. (2015). Contribución de las Áreas Protegidas Costeras a la conservación de las dunas pampeanas: estado de situación. *Actas I Jornadas Bonaerenses sobre Conservación de Ambientes y Patrimonio Costero*, Monte Hermoso, Buenos Aires.
- Clark, J.R. (1996). *Coastal Zone Management Handbook*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Congedo, L. (2020). *Semi-Automatic Classification Plugin Documentation*. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25480.65286/1>
- Dadon, J.R. (2002). El impacto del turismo sobre los recursos naturales costeros en la costa pampeana. En *Zona Costera de la Pampa Argentina* (J. R. Dadon y S. D. Matteucci, eds.). Lugar Editorial, Buenos Aires, pp. 101-121. ISBN 950-892-140-4
- DEFRA (2007). Management for flood and coastal defence Part 4: Techniques for sand dune management R&D Technical Report FD1302/TR London, 49pp.
- Faggi, A.M. y Dadon, J. (2010). Vegetation changes associated to coastal tourist urbanizations. *Multequina*, (19), 53-75. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas, Mendoza, Argentina
- Greipsson, S. (2002). Coastal Dunes. En Perow M. R. y Davy A. *Handbook of Restoration Ecology: Restoration in Practice*, vol.2. Cambridge University Press.
- Isla, F.I. (2017). Coastal barriers from Argentina: Buenos Aires, Patagonia and Tierra del Fuego. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 8(1), 1-9.
- Isla, F.I.; Cortizo, L.C.; y Turno Orellano, H.A. (2001). Dinámica y evolución de las barreras medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2(1).
- Isla, F.; Bértola, G.R.; Farenga, M.; Serra, S.; y Cortizo, L.C. (1998). Villa Gesell: un desequilibrio sedimentario inducido por fijaciones de médanos. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 5, 41-51.
- Kutiél, P.; Cohen, O.; Shoshany, M. y Shub, M. (2004). Vegetation establishment on the southern Israeli coastal sand dunes between the years 1965 and 1999. *Landscape and Urban Planning*, 67, 141-156.
- Li, X.R.; Kong, D.S.; Tan, H.J. y Wanh, X.P. (2007). Changes in soil and vegetation following stabilization of dunes in the southeastern fringe of the Tengger Desert, China. *Plant and Soil*, 300(1-2), 221-231.
- Myneni, R.B.; Hall, F.G.; Sellers, P.J. y Marshak, A.L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2), 481-486.
- Ponzoni, F.J. y Shimabukuro, Y.E. (2007). Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação, São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed. p.111-118, 2007.
- QGIS Development Team (2018). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>
- Roy, D.P.; Kovalskyy, V.; Zhang, H.K.; Vermote, E.F.; Yan, L.; Kumar, S.S. y Egorov, A. (2016). Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity. *Remote sensing of Environment*, 185, 57- 70.

- Sellers, P.J. (1985). Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. *Int. J. Remote Sens.* 6, 1335–1372.
- Senay, G.B. y Elliott, R.L. (2002). Capability of AVHRR data in discriminating rangeland cover mixtures. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 299–312.
- Teillet, P.M.; Barker, J.L.; Markham, B.L.; Irish, R.R.; Fedosejevs, G. y Storey, J.C. (2001). Radiometric cross-calibration of the Landsat-7 ETM+ and Landsat-5 TM sensors based on tandem data sets. *Remote sensing of Environment*, 78(1-2), 39-54.
- Turno Orellano, H.A.; Isla, F.I. y Juárez, V.I. (2003). Implementación de un SIG en la evaluación de la aptitud para prácticas forestales en el litoral bonaerense. *Boletim Paranaense de Geociências*, 53.
- Van Wagtendonk, J.W. y Root, R.R. (2003). The use of multitemporal Landsat Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) data for mapping fuel models in Yosemite National Park, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 1639–1651

MAPEO DE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN UN CONTEXTO DE AGRICULTURIZACIÓN: EL CASO DE LA REGIÓN PAMPEANA AUSTRAL ARGENTINA

Nahuel David Sequeira

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL). Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN

Daiana Yael Daga

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL). Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN

Patricia Vázquez

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL). Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN

Mónica Sacido

Cátedra de Forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario

Ailín Somoza

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL). Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN

Palabras clave: Avance agrícola; Problemas ambientales; Pérdida de nutrientes; Sistemas de información geográfica; Gestión ambiental

INTRODUCCIÓN

Las crecientes demandas globales estimularon la producción de granos en Sudamérica, especialmente en el Cono Sur (Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay). Por esto, entre 1991 y 2011, los cuatro países aumentaron la producción de trigo, maíz y soja en aproximadamente 85, 230 y 380%, respectivamente. Este aumento se basó principalmente en una fuerte expansión de la superficie sembrada (especialmente con soja), a partir de la incorporación de nuevas áreas y del cambio de uso de la tierra, destacándose una drástica reducción de las áreas bajo pasturas. Además, el incremento en el rendimiento de los cultivos desempeñó una función clave (García, 2015).

Si bien la agricultura moderna logró tener éxito al aumentar la producción de fibras y alimentos, también generó problemas ambientales a diferentes escalas (Cabido, 2008). La agricultura argentina se desarrolló inicialmente basándose en la alta fertilidad natural de los suelos, con bajo uso de fertilizantes y, en el caso de la Región Pampeana (RP), con rotaciones de cultivos anuales y pasturas perennes que permitieron mantener una tasa de pérdida de fertilidad moderada. Sin embargo, a partir de los '90 se intensificó la expansión de la agricultura con reducción de los períodos bajo pasturas, pasando a un modelo de agricultura continua. Aunque en esa época se expandió el uso de fertilizantes, esto no fue suficiente para disminuir los impactos negativos de las altas tasas de extracción de nutrientes para mantener la producción sobre la fertilidad. Así, el deterioro progresivo de la capacidad de

abastecimiento de nutrientes como resultado de pérdidas de MO y de balances negativos, con extracciones superiores a las aplicaciones, generó deficiencias de distintos macronutrientes, fundamentalmente de los primarios, siendo el N y P los más afectados (García y Díaz Zorita, 2015). Según Lallana y Lallana (2017) estos nutrientes, en conjunto con el K, son los más estudiados ya que poseen una elevada importancia dentro de la fisiología vegetal.

La Región Pampeana Austral (RPA) manifiesta una fuerte tendencia a la expansión e intensificación agrícola gracias a la aptitud de gran parte de sus suelos para cultivos anuales. Asimismo, conforma una de las cinco subregiones que integran la RP, en función de la clasificación realizada por Viglizzo et al. (2002), considerando la calidad de los suelos y las precipitaciones; y constituye un ejemplo del avance de la superficie agrícola, exhibiendo también numerosos problemas ambientales. Abarca a 21 partidos del centro sur de la provincia de Buenos Aires (figura 1), ocupando 82.530 km², y se caracteriza por ser una pradera llana con suave declive al mar, pero atravesada por un cordón serrano, el sistema de Tandilia; que alcanza altitudes máximas de 500 m.s.n.m., generando que se registren pendientes pronunciadas en diferentes sectores de la región.

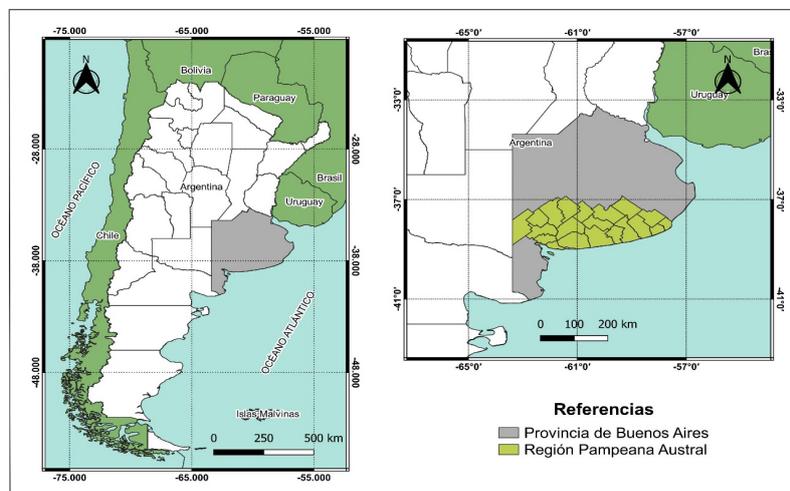


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Fuente: elaboración personal

Ante esto, el trabajo propone: a) analizar la evolución de la superficie agrícola sembrada, producción y rendimiento de la RPA, entre 1989/1990 y 2019/2020; b) analizar espacialmente la extracción de los macronutrientes N, P y K para las campañas 1989/1990, 2002/2003 y 2019/2020, considerando aquellos partidos donde se desarrolla la agricultura. En el marco de un sistema de información geográfica (SIG) es posible integrar la información obtenida para cada partido a partir de agrupamientos de los distintos valores de extracción, permitiendo generar mapas de exportación para la RPA. Así, los SIG se convierten en herramientas de análisis espacial de gran relevancia para estudiar y diagnosticar problemas ambientales, y proponer medidas para su gestión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideraron los valores correspondientes a cebada cervecera, girasol, maíz, soja, sorgo y trigo, ya que componen los principales cultivos del agro argentino (CEP, 2020). La información sobre la superficie sembrada (ha) y producción (t), se obtuvo para el período 1989/90-2019/20 mediante bases de datos estadísticos del Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA), dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación; y posteriormente se estimaron los rendimientos (t ha⁻¹). Los datos se adquirieron para cada partido de la RPA, con excepción de Monte Hermoso, ya que no presenta desarrollo de actividad agrícola. Así, la sumatoria de los resultados de cada uno de estos conforma el valor total para la RPA.

Respecto a la extracción de nutrientes, los cálculos fueron realizados para tres campañas: 1989/1990, momento a partir del cual comenzó a evidenciarse un notable avance de la agricultura dentro de la RP; 2002/2003, considerando que desde esta campaña cobró relevancia el rol de la siembra directa y se profundizó la expansión del proceso de agriculturización; y 2019/2020, ya que se trata de los datos oficiales más actualizados.

Inicialmente, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica de investigaciones relacionadas con la cantidad de N, P y K extraídos en los granos producidos ($\text{kg } \tau^{-1}$). Posteriormente, estos valores fueron multiplicados por la producción alcanzada, obteniendo así la cantidad de nutrientes extraída (kg) por cultivo en cada partido. Una vez logrados esos resultados, se efectuó una sumatoria de los valores de extracción de cada nutriente por cultivo en los diversos partidos, consiguiendo el valor total de extracción de N, P y K en cada uno de ellos. Por último, la adición de los valores de cada partido, permitió conocer el total de extracción de cada nutriente en la RPA, para cada una de las tres campañas.

Finalmente, con el objetivo de exhibir la distribución espacial de la extracción de nutrientes, se confeccionaron mapas temáticos en el marco de un SIG (QGIS 3.16.1). Para ello, los valores alcanzados fueron integrados al *software* mediante la creación de tablas de atributos, y luego se efectuó una configuración en intervalos mediante el método natural *breaks*, que identifica los puntos de corte entre clases a través del algoritmo de optimización de Jenks; de modo de poder visualizar áreas de mayor y menor extracción. En este sentido, el *software* obtiene clases con homogeneidad interna y máximas variaciones entre ellas, para el número de intervalos especificado previamente. Los límites entre clases se definen considerando las diferencias importantes (saltos) en la distribución de las frecuencias del indicador por período seleccionado (Jenks, 1967).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación de la superficie sembrada, producción y rendimiento

Al analizar la figura 2, pudo observarse un aumento del 36,3% de la superficie sembrada entre las campañas 1989/1990 y 2019/2020, sin apreciarse la existencia de saltos importantes. Lo indicado concuerda con lo sucedido a nivel país, donde se estima un aumento del 50% de la superficie agrícola en los últimos 50 años (Cruzate y Casas, 2012), y con el proceso de agriculturización evidenciado en la RP durante las últimas décadas. Para el período comprendido entre 1989/1990 y 2002/2003, el crecimiento fue del 23,23%; mientras que, para 2002/2003 y 2019/2020 alcanzó un 10,61%.

En cuanto a los rendimientos, de manera general, se manifestaron crecimientos y decrecimientos a lo largo de las campañas, destacándose una tendencia al aumento. Así, entre 1989/1990 y 2019/2020 existió un incremento del 25,22%. Por otra parte, entre 1989/1990 y 2002/2003 se observaron valores relativamente estables, a excepción de un pico en 1997/1998, alcanzando una disminución del 15,22%. Para 2002/2003 y 2019/2020, se exhibió una situación inversa, con un notable aumento (47,7%). A partir de la campaña 2008/2009 (menor valor histórico), comenzó a plantearse un crecimiento notorio hasta 2010/2011, momento en el cual, si bien existieron altibajos, los valores se mantuvieron elevados.

Respecto a la producción, entre las campañas 1989/1990 y 2019/2020 se registró un acrecentamiento del 70,7% y, en general, se verifica una tendencia similar a la evidenciada por los rendimientos. Para el período comprendido entre 1989/1990 y 2002/2003 el incremento fue del 4,33%, destacándose un pico en 1997/1998, el cual se corresponde al máximo registro de rendimiento del período. Entre 2002/2003 y 2019/2020, el ascenso de la producción fue del 63,6%. No obstante, este crecimiento no se mantuvo estable, sino que presentó un abrupto descenso en 2008/2009, al igual que ocurrió con el rendimiento. Tal escenario podría deberse, entre otras razones, a la importante suba en los costos en las semillas y agroquímicos que comenzó en la campaña 2007/2008 (Pierri, 2018) y a la profunda sequía que afectó al sector (Arceo, 2017).

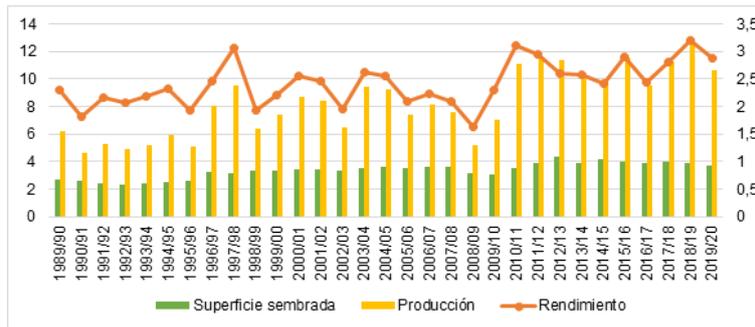


Figura 2. Variación de la superficie sembrada, producción y rendimiento entre 1989/1990 y 2019/2020
 Referencias: eje izq.: superficie sembrada (en millones de ha) y producción (en millones de t);
 eje der.: rendimiento (t ha⁻¹)

Fuente: elaboración personal en base a datos del SIIA

Extracción de nutrientes

La tabla 1 presenta los valores de extracción promedio de nutrientes, referidos a los diferentes cultivos evaluados; y la figura 3, los valores de producción alcanzados por cada uno de ellos a lo largo de las diversas campañas.

Una vez efectuados los cálculos correspondientes, se alcanzó el valor total de extracción de cada nutriente por partido, para cada una de las tres campañas, tal como exhiben las figuras 4, 5 y 6.

	N	P	K
		kg t ⁻¹	
Cebada cervecera	15	3	5
Girasol	21,98	5,35	5,63
Maíz	13,69	2,76	3,61
Soja	50,19	5,53	16,88
Sorgo	19,19	3,82	3,90
Trigo	18,58	3,63	3,69

Tabla 1. Extracción promedio de nutrientes por cultivo
 Fuente: elaboración personal en base a INPOFOS (1999), Ciampitti y García (2007), Fontanetto y Keller (2011) y Cruzate y Casas (2012)

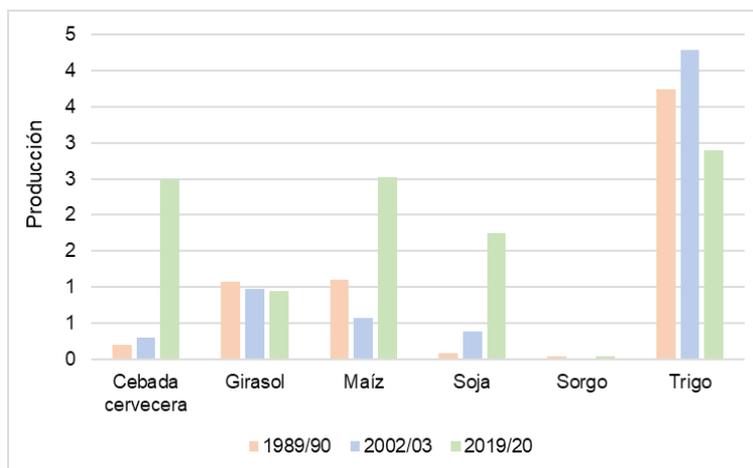


Figura 3. Variación en la producción histórica de los cultivos considerados
 Referencias: Producción (en millones de t)

Fuente: elaboración personal en base a datos del SIIA

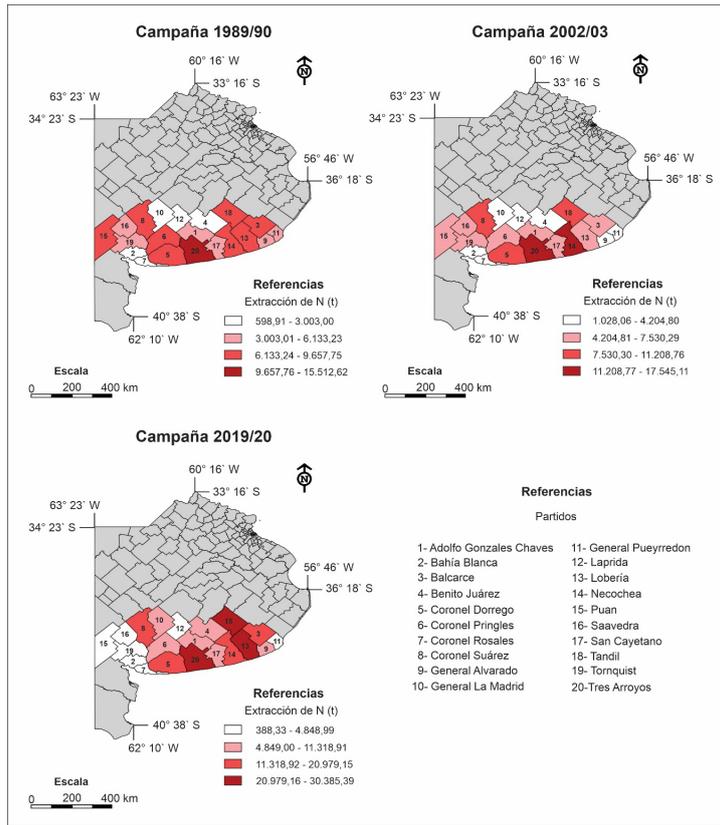


Figura 4. Extracción de N para 1989/1990, 2002/2003 y 2019/2020
Fuente: elaboración personal

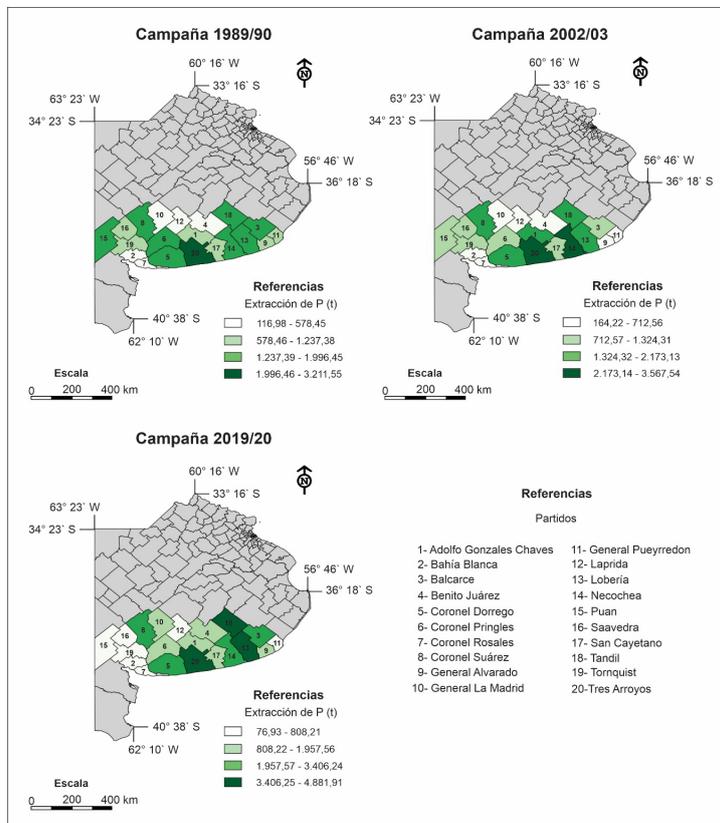


Figura 5. Extracción de P para 1989/1990, 2002/2003 y 2019/2020
Fuente: elaboración personal

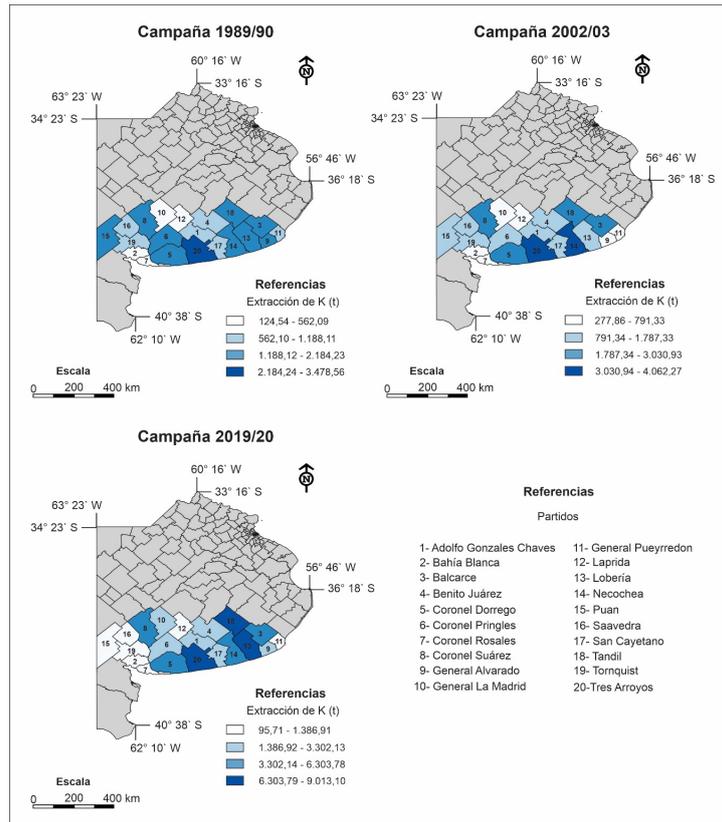


Figura 6. Extracción de K para 1989/1990, 2002/2003 y 2019/2020
Fuente: elaboración personal

En la campaña 1989/1990, el mayor nivel de extracción de N, P y K ocurrió en el partido de Tres Arroyos, con 15.512,62, 3.211,55 y 3.478,56 t, respectivamente. Esta misma tendencia volvió a producirse en 2002/2003, con valores de 17.545,11, 3.567,54 y 4.062,27 t, respectivamente. Respecto a lo sucedido en 2019/2020, Lobería se destacó como el partido con la extracción de N (30.385,39 t) y K (9.013,10 t) más elevadas, mientras que Tres Arroyos presentó el valor más alto en relación al P (4.881,91 t). Al analizar estos resultados, puede establecerse que aquellos partidos con mayor extracción de nutrientes, son los mismos que presentan los valores más elevados de producción. Sumado a ello, se destaca que el partido de Tres Arroyos es el que posee la mayor superficie sembrada en las tres campañas evaluadas, y que el N es el más extraído en todos los partidos a lo largo del tiempo.

En relación a los resultados obtenidos para el total de la RPA (figura 7), puede plantearse una clara tendencia respecto al alza de la extracción de los tres nutrientes. Para el período 1989/1990-2002/2003, se produjo un incremento del 14,11% de extracción de N, 7,55% del P y 18,58% del K. En 2002/2003-2019/2020, los aumentos fueron del 77,33, 57,10 y 114,75%, respectivamente. La extracción total de nutrientes ascendió un 13,89% en el primer período, y un 80,81% en el segundo.

Aunque el primer escenario manifiesta una clara disminución en el valor de los rendimientos, se produce un incremento en la producción, como resultado del aumento de la superficie agrícola, traduciéndose esto en una mayor extracción de nutrientes. Respecto al segundo, este coincide con un acrecentamiento de la superficie sembrada y de los rendimientos, generando una mayor producción y extracción. Esta situación se asemeja a lo planteado por Cruzate y Casas (2012), quienes afirman que el crecimiento en la extracción de nutrientes en la RP se originó debido al incremento en la producción, como consecuencia de una mayor superficie sembrada y un mayor rendimiento de los cultivos.

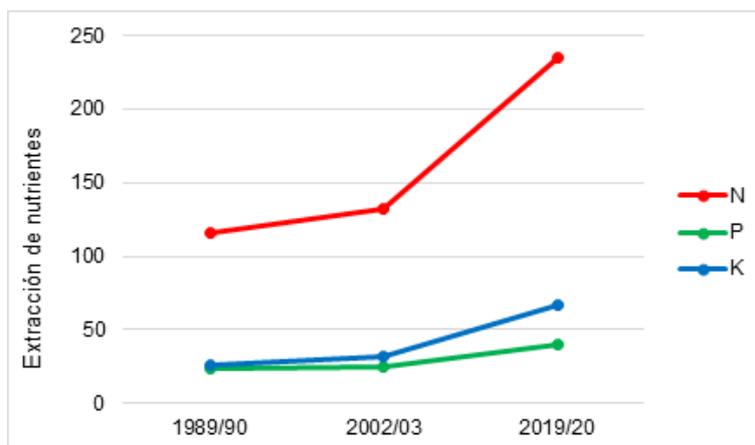


Figura 7. Extracción de N, P y K en la Región Pampeana Austral para las tres campañas seleccionadas
Referencias: extracción en miles de t
Fuente: elaboración personal

CONSIDERACIONES FINALES

El estudio confirma el importante avance del proceso de agriculturización evidenciado en la RP, pasando de 2.715.200 ha en 1989/1990 a 3.700.795 ha en 2019/2020. Este escenario vino acompañado de mayores rendimientos y aumento en la producción, verificados especialmente en las últimas campañas, gracias a las mejoras tecnológicas de la agricultura moderna. Como contrapartida, se registraron notables extracciones de macronutrientes, sobre todo de N.

En las campañas 1989/1990 y 2002/2003, Tres Arroyos constituye el área con mayor extracción de la totalidad de los nutrientes. En 2019/2020 este partido vuelve a manifestarse como la zona que más P exporta, mientras que Lobería ocupa el primer lugar en relación a N y K.

Para poseer una visión real acerca de la pérdida de nutrientes en la región, sería necesario utilizar la información recabada en conjunto con datos concernientes a la variación de la superficie fertilizada, fertilizantes empleados y dosis de aplicación; con el fin de llevar a cabo balances de nutrientes en distintos cortes temporales.

Finalmente, se concluye que el empleo de SIG facilitó la visualización de diferentes niveles de extracción de nutrientes en la RPA, tanto en el espacio como en el tiempo; demostrando ser una herramienta de trabajo esencial para arribar a la resolución de variados problemas ambientales y a la gestión estratégica de recursos naturales (Vázquez Rodríguez, 2018).

REFERENCIAS

- Arceo, N. (2017). Más de dos décadas de expansión de la producción cerealera y oleaginosa en la Argentina. *Realidad Económica*, 305, 64-91.
- Cabido, M. (2008). Impacto de la agricultura sobre la extensión, distribución y biodiversidad de ecosistemas naturales. En O. Solbrig y J. Adámoli (eds.) *Agro y Ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable* (pp. 185-223). Buenos Aires, Argentina: Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina.
- CEP (Centro de Estudios para la Producción). (2020). *Informe de coyuntura agrícola*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Desarrollo Productivo.
- Ciampitti, I. y García, F. (2007). Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I: Cereales, Oleaginosos e Industriales. *Archivo Agronómico*, (11). IPNI Cono Sur.
- Cruzate, G. y Casas, R. (2012). Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 6, 7-14.
- Fontanetto, H. y Keller, O. (2011). *Fertilización en sorgo*. Recuperado de: <http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/610.pdf>
- García, F. (2015). Agricultura en el Cono Sur ¿Qué se conoce, qué falta por conocer? *Siembra*, 2, 103-115.

García, F. y Díaz-Zorita, M. (2015). La fertilidad de los suelos y el uso de nutrientes en la producción agrícola extensiva de Argentina. En R. Casas y G. Albarracín (eds.) *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina* (pp. 183-198). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: FECIC.

INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fosforo) (1999). Requerimientos nutricionales de los cultivos. Archivo Agronómico No. 3.

Jenks, G. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, (7), 186-190.

Lallana, V. y Lallana, M. (2017). *Manual de prácticas de fisiología vegetal*. Paraná, Argentina: Universidad Nacional de Entre Ríos.

Pierri, J. (2018). Resultados económicos en la producción de granos bajo el signo del agronegocio en Argentina: un análisis crítico. *Ciclos*, 29(50), 3-27.

Vázquez Rodríguez, R. (2018). Uso de sistemas de información geográfica libres para la protección del medio ambiente. Caso de estudio: manipulación de mapas ráster con datos climáticos. *Universidad y Sociedad*, 10(2), 158-164. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

Viglizzo, E., Pordomingo, A., Castro, M. y Lértora, F. (2002). La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad o pesadilla? *Ciencia Hoy*, 12(68), 38-51.

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS COBERTURAS DEL SUELO CON IMÁGENES SAOCOM 1A EN LA CUENCA DEL RÍO SAUCE GRANDE (ARGENTINA)

Federico Ferrelli

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Andrea Brendel

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Gerardo Miguel Eduardo Perillo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS)

María Cintia Piccolo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue identificar coberturas del suelo a partir de imágenes de Radar de Apertura Sintética adquiridas por el satélite SAOCOM 1A en el sur de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina) durante la primavera de 2020. Para ello, se procesó una imagen *full-polarimetric* (QP) del día 24 de septiembre de 2020 con el *software* libre SNAP. La imagen analizada presenta un nivel de procesamiento L1A, es decir, contiene los números digitales obtenidos para la parte real e imaginaria junto con la intensidad de cada polarización (HH, VV, HV y VH). Se realizó una calibración radiométrica sobre la que se aplicó un filtrado *multilooking* (remuestreo de la imagen). Luego, se calculó la matriz de coherencia y se realizó un primer análisis a partir de la descomposición de Pauli. Finalmente, se clasificó la imagen mediante los métodos de Claude-Plottier y H-Alpha de Wishart. Los resultados fueron verificados con campañas terrestres a la zona de estudio, lo que favoreció la delimitación de las distintas clases. Como resultado, se obtuvo un mapa de coberturas del suelo realizado con imágenes SAOCOM que representa el primer documento cartográfico de la región confeccionado con datos obtenidos por un satélite argentino. Esta investigación demuestra la utilidad de las aplicaciones satelitales utilizadas en el estudio del ambiente.

Palabras clave: Banda L; Estudios ambientales; Sudoeste bonaerense

INTRODUCCIÓN

La delimitación de las coberturas del suelo de una región es un tema importante porque permite conocer la distribución espacial de los recursos naturales (Alrababah y Alhamad, 2006), principalmente en zonas semiáridas. El conocimiento de las coberturas de suelo es útil para caracterizar ecosistemas, morfologías terrestres y evaluar procesos hidrológicos. En este contexto, adquiere importancia la teledetección dado que es una herramienta que provee datos de la superficie necesarios para realizar estudios ambientales (Brendel et al., 2019).

En la actualidad, las imágenes satelitales permiten monitorear con alta precisión las coberturas del suelo a escala global, regional y local. Aquellas adquiridas por sensores de Radar de Apertura Sintética (SAR, por sus siglas en inglés) poseen una gran aplicabilidad para los estudios medioambientales dado que son satélites activos. En este contexto, es importante destacar la misión SAOCOM desarrollada en Argentina. Esta está conformada por dos satélites (1A y 1B) que fueron puestos en órbita en 2018 y 2020, respectivamente. Los mismos, junto con la constelación COSMO-SkyMed integran la constelación italo-argentina de satélites para la gestión de emergencias (SIAGE). La disponibilidad de los datos adquiridos por los satélites SAOCOM tienen múltiples aplicaciones para el estudio del ambiente, tales como: la prevención, monitoreo, mitigación y evaluación de catástrofes naturales o antrópicas; para aplicaciones en agricultura como humedad de suelo, índices de vegetación y control de plagas; análisis hidrológicos, costeros y oceánicos; identificación de cubiertas de nieve, hielo y glaciares; estudios en estudios urbanos, de seguridad y defensa (Comisión Nacional de Actividades Espaciales -CONAE-, 2021).

En la literatura, los satélites SAOCOM han sido utilizados para estudios agrícolas, estimación de la humedad del suelo (Lozza, 2019), análisis interferométricos (Roa et al., 2021) y estudios topográficos (Scipal y Davidson, 2017), entre otros. Sin embargo, es importante destacar que los estudios destinados a determinar las coberturas del suelo en el sur de la Región Pampeana aún son limitados. Por este motivo, el objetivo de esta investigación fue identificar las coberturas del suelo en el sur de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina) mediante el procesamiento de imágenes SAOCOM 1A. Se destaca que, a conocimiento de los autores, es la primera vez que se realizan este tipo de estudios en la región. Por lo tanto, se contribuye no solo a enfatizar la utilización de datos de teledetección adquiridos por un satélite argentino en estudios ambientales, sino en este caso particular en la determinación de la cobertura del suelo de un ecosistema hídrico.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). La misma se emplaza en el sudoeste bonaerense según la ley provincial 13.647 (figura 1). La finalidad de esta ley es la de ordenar las políticas públicas y acciones necesarias para impulsar y promover el desarrollo de los sistemas productivos, considerando la sustentabilidad climática y productiva. La importancia relativa de esta área reside en la variedad de ambientes que posee y su gran vulnerabilidad ambiental ante los efectos de la variabilidad climática (Bustos et al., 2016).

El clima del área es semiárido y templado con estacionalidad térmica marcada, lo que permite la diferenciación estacional de veranos e inviernos (Ferrelli et al., 2019). Las precipitaciones disminuyen de noreste a sudoeste, oscilando entre 800 y 400 mm anuales. En esta región, se registran los eventos pluviométricos más extremos de toda la Región Pampeana (Aliaga et al., 2017).

Los suelos son aptos para la agricultura y la ganadería, aunque esta característica disminuye en el sentido decreciente del gradiente de las isohietas. La cuenca del río Sauce Grande tiene una extensión de 4.586 km², tiene sus nacientes en el sistema serrano de Ventania y desemboca en el Océano Atlántico. Según sus características edáficas, la cuenca se subdivide en tres unidades. La primera corresponde a la de suelos rocosos que ocupan la mayor parte de la cuenca alta. La segunda a las planicies, localizadas en la cuenca media con aptitud para la agricultura y la ganadería. La tercera se ubica en el extremo sur y está

caracterizada por suelos arenosos (Brendel et al., 2019). En este estudio se analizaron las coberturas del suelo de una escena del satélite SAOCOM 1A que ocupa parte de la cuenca media y la cuenca inferior (figura 1).

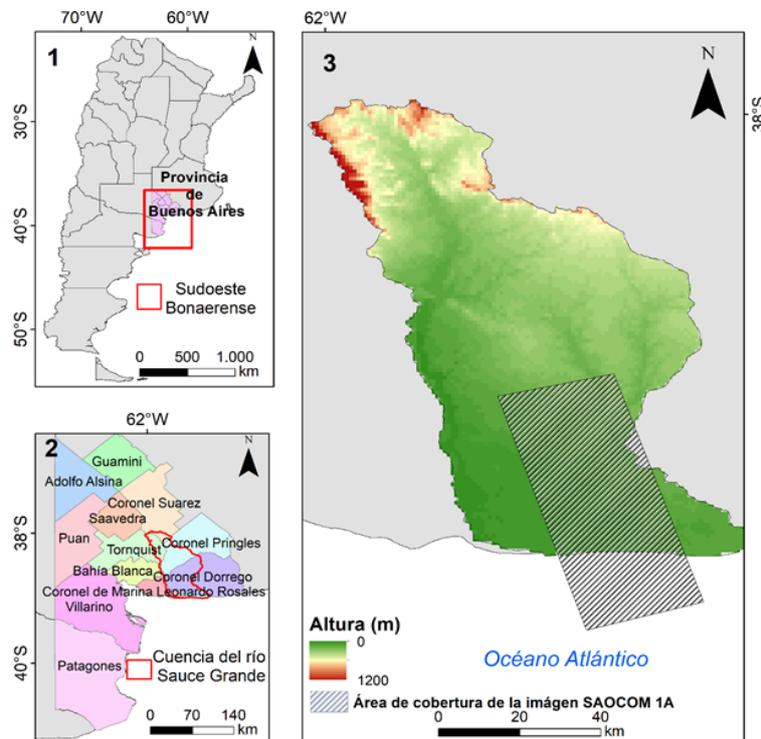


Figura 1. Área de estudio. 1. Localización del Sudoeste Bonaerense, 2. de la cuenca del río Sauce Grande y 3. Imagen utilizada en este estudio

MÉTODO DE TRABAJO

Se utilizó una imagen adquirida por el satélite SAOCOM 1A, provista por la CONAE y perteneciente a la primavera (24 de septiembre 2020). El tipo de adquisición fue *full-polarimetric* (QP) y el nivel de procesamiento de la imagen es L1A, es decir, *Single Look Complex* (SLC). Corresponde a una imagen en números digitales de su parte real, imaginaria (I; Q) y sus respectivos valores de potencia para cada polarización (VV, HH, VH y HV).

En una primera instancia, se convirtieron los números digitales a valores de potencia nominal y fase a partir de una calibración radiométrica. Posteriormente, se realizó filtrado *multilooking* para equiparar el tamaño del pixel en azimut y rango. Este proceso permitió además realizar el primer filtrado de la imagen. En este caso, se utilizaron tres *looks* en rango y siete en azimut para generar un tamaño de pixel de 27 m². Luego, se procedió a realizar una matriz de polarización de coherencia (T3) dado que se utilizaron las polarizaciones VH y HV, asumiendo la existencia de simetría. Las tres componentes reales generadas con este procedimiento se utilizaron para confeccionar una composición de tipo RGB con una descomposición de Pauli.

Se aplicó un filtrado de *speckle* mediante el método de Boxcar. Luego, se confeccionó la matriz de entropía, anisotropía y alfa. Sobre los resultados de esta segmentación, se determinaron distintas clases. Finalmente, se realizó el mapa de las coberturas del suelo de la zona de estudio. Conociendo la distribución de la entropía, anisotropía y alfa, se realizó una clasificación polarimétrica no supervisada del tipo Claude-Plottier. La misma permitió establecer distintas clases iniciales de las coberturas del suelo. A partir del conocimiento de estos resultados, se mejoró este documento a partir de la aplicación del método interactivo H-Alpha de Wishart con un tamaño de ventana de tres píxeles y un número máximo de interacciones de cinco. El resultado de estos procesamientos y del trabajo de campo permitió generar un mapa final de coberturas del suelo. En estos últimos, se identificaron las distintas

coberturas a partir de un recorrido del terreno en el que se registraron puntos georeferenciados que se consideraron claves para validar el producto obtenido. Además, se recopilieron datos de humedad del suelo con un higrómetro de campo y se analizó el comportamiento espectral de las distintas clases con un espectro radiómetro *Ocean Optics USB2000+* que opera en el espectro visible y en el infrarrojo cercano.

RESULTADOS

La descomposición de Pauli permitió identificar que la mayor parte de la superficie estudiada está caracterizada por rebotes simples, dado que corresponde a una región localizada en las zonas costeras, con la presencia de la laguna Sauce Grande, médanos y suelos al descubierto. Sin embargo, fue posible reconocer otros espacios en donde la superficie presentó mayor interacción con la onda electromagnética enviada por el satélite. Se distinguieron tonalidades azules que indicaron un simple rebote, mientras que las amarillas y verdes correspondieron a una mayor interacción de la superficie con la onda electromagnética (figura 2).

Por otro lado, la mayor parte de la dispersión en la relación entropía, anisotropía, alfa identificó que los valores se concentraron en la zona 1. Esto se debió a la existencia de grandes áreas con un comportamiento especular, pertenecientes mayoritariamente a cuerpos de agua y suelos al descubierto. Sin embargo, se observaron otros tipos de comportamientos (figura 3).

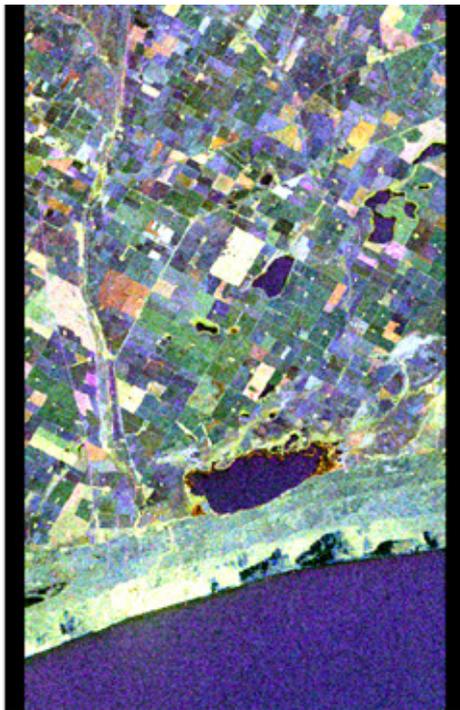


Figura 2. Descomposición de Pauli durante la primavera del 2020 en el sur de la cuenca del río Sauce Grande

La imagen se encuentra en geometría radar

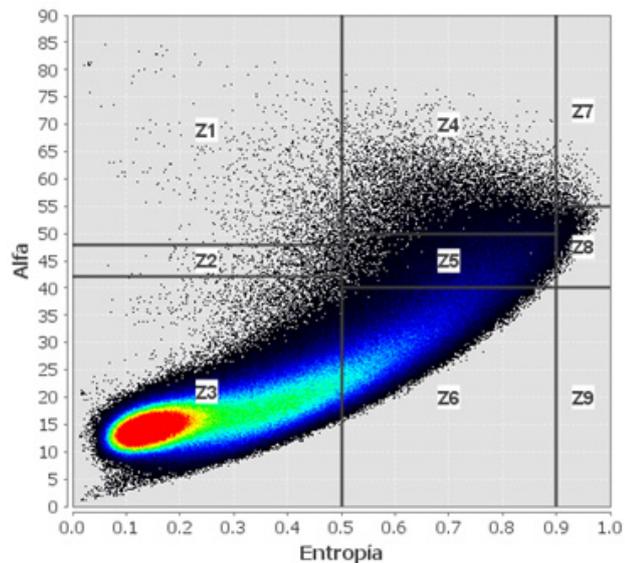


Figura 3. Relación Entropía, anisotropía y Alfa para la imagen utilizada

A partir de la aplicación de los métodos de Claude-Plottier y H-Alpha de Wishart, se obtuvo un mapa de coberturas del suelo para el sur de la cuenca del río Sauce Grande. El mismo fue validado con campañas terrestres a la región de estudio y permitió discriminar cinco clases (figura 4).

- » Suelos al descubierto: corresponden a terrenos cosechados sin cobertura vegetal. Además, esta clase identificó a los médanos sin cobertura vegetal, localizados al sur. Estos abarcan la mayor parte del área estudiada. Estas coberturas tienen una interacción de *single-bounce* con la onda electromagnética.

- » Cuerpos de agua: si bien tienen una respuesta especular y se comportan de forma radiométricamente similar a la clase anterior, se identificaron los cuerpos de agua y las zonas húmedas a partir de una subdivisión resultante de los recorridos de campo. La mayor área la ocupa la laguna Sauce Grande.
- » Vegetación: hace referencia a los suelos con vegetación densa, principalmente herbácea o arbustiva de escasa altura. Al sur de la línea de médanos, esta clase identifica a los médanos vegetados, mientras que al norte se identifican aquellos lotes con pasturas o cultivos destinados a la actividad agropecuaria.
- » Vegetación densa y zonas urbanas construidas: esta clase identifica áreas con presencia de vegetación arbórea de mayor porte y zonas urbanas. Ambas tienen una relación de *multiple-bounce* con la onda electromagnética enviada por el satélite.
- » Vegetación muy densa y áreas construidas: corresponde a zonas arbóreas, principalmente a lotes con olivos, a áreas con vegetación riparia frondosa y al centro de la ciudad de Monte Hermoso.

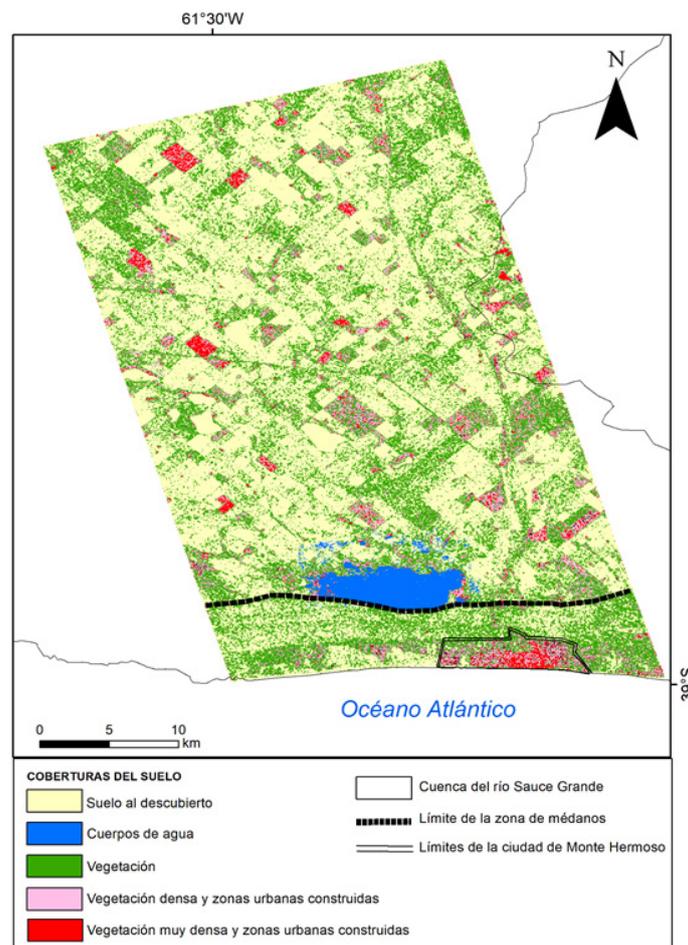


Figura 4. Mapa de coberturas del suelo obtenido mediante el procesamiento de una imagen SAOCOM 1A

CONCLUSIONES

Se identificaron las coberturas del suelo en la cuenca del río Sauce Grande (Argentina) a partir del procesamiento de imágenes de Radar de Apertura Sintética obtenidas por el satélite argentino SAOCOM 1A. Los resultados fueron verificados con campañas terrestres recorriendo la zona de estudio para obtener mayor precisión en la delimitación de las clases. Se determinó que la mayor parte de la superficie correspondió a cuerpos de agua y suelos al descubierto, caracterizados por un simple rebote o rebote especular. Sin embargo, se evidenciaron zonas de

cultivo, médanos vegetados, vegetación riparia y zonas urbanas construidas.

El estudio destaca la utilización de las imágenes SAOCOM que permiten analizar con alta precisión y resolución espacial las coberturas del suelo. Finalmente, los resultados obtenidos generan una base de datos esencial para profundizar la determinación de las coberturas del suelo en la región y además, constituyen información útil para el manejo y monitoreo de cuencas hidrográficas, dado que este conocimiento permite tomar decisiones con respecto a las prácticas agrícolas, a la erosión del suelo y al ecosistema en general.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y a la Universidad Nacional del Sur (CONICET - UNS) por el financiamiento del presente trabajo. Además, a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por la proporción de datos satelitales.

REFERENCIAS

- Aliaga, V.S.; Ferrelli, F. y Piccolo, M.C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *International journal of climatology*, 37, 1237-1247.
- Alrababah, M.A. y Alhamad, M.N. (2006). Land use/cover classification of arid and semi-arid Mediterranean landscapes using Landsat ETM. *International journal of remote sensing*, 27(13), 2703-2718.
- Brendel, A.S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M. (2019). Assessment of the effectiveness of supervised and unsupervised methods: maximizing land-cover classification accuracy with spectral indices data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(1), 014503.
- Bustos, M.L.; Ferrelli, F.; Huamantínco Cisneros, M.A.; Piccolo, M.C. y Gil, V. (2016). *Estudio preliminar del ajuste entre datos meteorológicos in situ y del Reanálisis (NCEP/NCAR) en distintos ambientes de la provincia de Buenos Aires, Argentina*.
- Ferrelli, F.; Brendel, A.; Aliaga, V.S.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. (2019). *Climate regionalization and trends based on daily temperature and precipitation extremes in the south of the Pampas (Argentina)*.
- Lozza, H.F. (2019). Sistema para la aplicación de los datos de la misión satelital SAOCOM en la agricultura. *XI Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 48 (Salta, 2019)*.
- Roa, Y.; Rosell, P.; Solarte, A.; Euillades, L.; Carballo, F.; García, S. y Euillades, P. (2021). First assessment of the interferometric capabilities of SAOCOM-1A: New results over the Domuyo Volcano, Neuquén Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 106, 102882.
- Scipal, K. y Davidson, M. (2017). The SAOCOM-CS mission: ESA's first bistatic and tomographic L-band mission. *2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)* (pp. 123-124). IEEE.

CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO EN LA CUENCA INFERIOR DEL RÍO CHUBUT

María Isabel Márquez

IPCSH, CCT-CONICET CENPAT

Patricia Vázquez

CESAL, UNICEN-CONICET

Diego Ricardo González Zevallos

IPCSH, CCT-CONICET CENPAT

Palabras clave: Cuenca hídrica; Teledetección; Clasificación supervisada; Sistemas de información geográfica; Abordaje ambiental

INTRODUCCIÓN

Los estudios geográfico-ambientales se enfocan en las sociedades, siendo el ambiente el medio físico construido, humano y natural, en el cual un individuo o un grupo social se

desarrollan (Bocco y Urquijo, 2010). Esta caracterización de lo ambiental como interacción entre diversos subsistemas da lugar a un sistema complejo, en el cual los elementos no son separables y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente (García, 2006). 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). En este sentido, la cuenca del Río Chubut 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 complejidad socio-ambiental que ofrece esta Cuenca ha generado abordajes conducentes a diversos escenarios que no logran la articulación deseada que permita una visión integrada de la misma. De este modo, el análisis de los cambios en los usos del suelo adquiere importancia en la gestión ambiental de territorios urbanos, periurbanos y rurales. Las imágenes satelitales resultan una herramienta efectiva para describir estos usos en grandes extensiones (Guerschman et al., 2003), mapear y caracterizar el uso del suelo a escala regional (Alperín et al., 2002), identificar las actividades, recursos naturales y monitorear sus transformaciones de una manera relativamente sencilla y a bajo costo (Vazquez y Rivas, 2009, p. 51).

El área de estudio del presente trabajo es la Cuenca Inferior del Río Chubut (CIRCh), la cual comprende el área del Río Chubut desde el Dique Florentino Ameghino hasta la desembocadura en la Bahía Engaño, e incluye al Valle Inferior del Río Chubut (VIRCh) y a las localidades de 28 de julio, Dolavon, Gaiman, Trelew, Rawson y Playa Unión (figura 1), las cuales presentan el 45% de la población total de la provincia (Fundación Patagonia Tercer Milenio, 2016). 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).

El objetivo del presente trabajo es identificar los usos del suelo presentes en la CIRCh para el año 2019, y determinar la superficie correspondiente a cada uno de ellos, a fin de obtener un diagnóstico territorial.

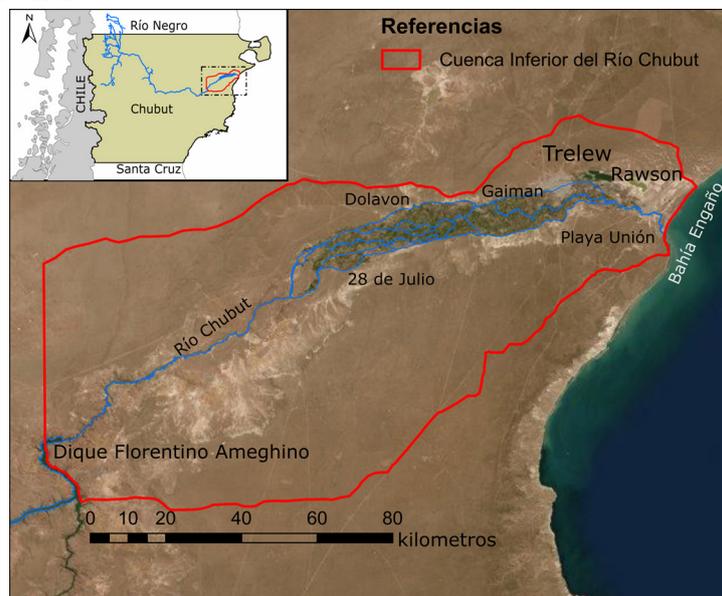


Figura 1. Área de estudio

MATERIALES Y MÉTODOS

El primer paso para determinar los usos del suelo en la CIRCh consistió en la elección y descarga de una imagen satelital Landsat 8 sensor OLI (Path/Row: 228/90) con fecha de adquisición del 20/11/2019, y un 0,06% de cobertura de nubes, obtenida del portal de imágenes satelitales *EarthExplorer* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) del Servicio Geológico de los Estados

Unidos (USGS). Luego, se llevó a cabo el procesamiento de la imagen, para lo cual se utilizó el *software* ENVI 4.7 (VIS, 2011). Esta etapa se subdividió en: el preprocesamiento, el procesamiento propiamente dicho y el postprocesamiento. El preprocesamiento hace alusión a la corrección radiométrica y geométrica, de modo que para la corrección radiométrica, en primer lugar se transformaron los números digitales (ND) a valores de radiancia, con la herramienta Band Math de ENVI, utilizando los metadatos de la imagen, y en segundo lugar se convirtieron los valores de radiancia en valores de reflectividad a tope de la atmósfera (TOA). Por último, se finalizó la corrección atmosférica transformando la reflectividad TOA en reflectividad de superficie asumiendo una superficie uniforme Lambertiana bajo condiciones libre de nubes (Schroeder et al., 2006, p. 18). La corrección geométrica no fue necesaria en esta oportunidad, ya que la imagen seleccionada para trabajar fue preprocesada 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 19, y datum WGS-84. Una vez realizada la corrección, se aplicó sobre la imagen el vector de la CIRCh (Márquez et al., 2019) a través de la creación y aplicación de una máscara. Este vector se realizó como capa de polígono en ArcMap 10.5 (ESRI, 2017) utilizando la capa de Cuencas Hídricas de Argentina (GeoINTA), y delimitando el área de estudio a través de las herramientas Clip y Cut Polygon. Para facilitar la visualización de vegetación, principalmente cultivos, se efectuó una composición falso color con las bandas del infrarrojo cercano, rojo y verde (5,4,3). Por otra parte, se combinaron las bandas 7,6 y 4 (SWIR 2, SWIR 1 y rojo) para distinguir las áreas urbanas.

Posteriormente, se inició el procesamiento propiamente dicho, que consistió en realizar una clasificación supervisada de la imagen. Para ello, se definieron las áreas de entrenamiento, llamadas Regiones de Interés (ROIs), para las clases de uso del suelo (cuerpos de agua, área urbana, área cultivada, terreno natural, afloramientos rocosos y monte). Se realizaron dos grupos de ROIs, las que empleó el clasificador, y las que se utilizaron en la post clasificación para comparar en la matriz de confusión, utilizando el visor de imágenes del *software* Google Earth Pro, las composiciones de bandas mencionadas previamente y el archivo *Shapefile* de Cultivos para el VIRCh provisto por la Compañía de Riego. La determinación de las clases se reafirmó con informantes clave. Previo a la clasificación, fue evaluada la separabilidad espectral entre las ROIs, y se corroboró que esta fuera adecuada. Seguidamente, se probaron varios métodos de clasificación, y se decidió aplicar el clasificador utilizando el método de Distancia de Mahalanobis (MHD), por ser el que obtuvo mejores resultados.

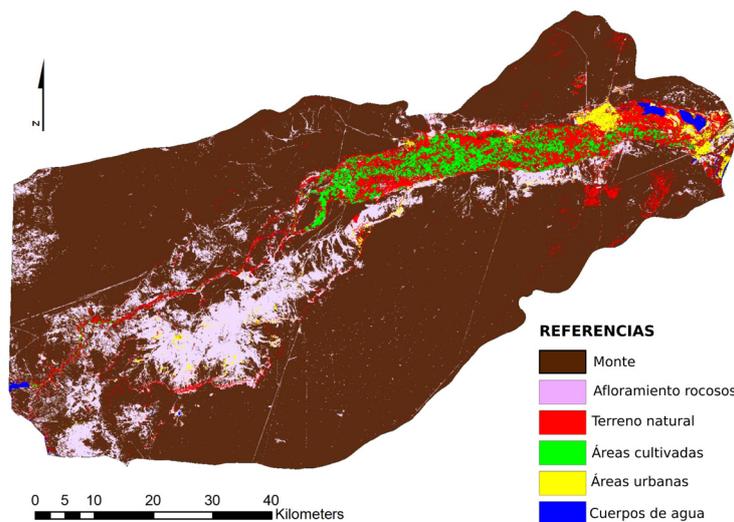


Figura 2. Mapa temático final

Por último, el postprocesamiento incluyó, inicialmente, la construcción de la matriz de confusión por medio de la cual se conoció la efectividad de la clasificación, a partir de los valores de Precisión Global o Total y el coeficiente Kappa. Luego, se obtuvieron los estadísticos

de cada clase, y se obtuvieron las superficies de cada clase. Finalmente, se confeccionó el mapa temático final (figura 2), y a modo de generar un diagnóstico territorial se comenzó con la identificación de las implicancias ambientales de cada clase, partiendo de trabajos antecedentes del área de estudio.

RESULTADOS

Luego de realizar la clasificación se determinó la exactitud de la precisión del proceso, analizando la matriz de confusión. La imagen obtuvo una precisión global de 98,51% y un coeficiente Kappa de 0,87. Por su parte, la separabilidad de las ROIs indica la confusión espectral, es decir, qué tan parecidos o no son unos de otros, y su valor varía entre 0 y 2, siendo el 2 el valor ideal de separación, y entre 1 y 1,80 advirtiendo mayor confusión entre clases. La mayoría de las clases obtuvieron una separabilidad de 2, a excepción de las clases áreas urbanas y afloramientos rocosos, que obtuvieron un valor medio de 1,5, es decir, que son superficies con reflectancia similar.

En la CIRCh se evidenciaron seis clases principales de usos del suelo (figura 2). Los estadísticos obtenidos para cada una de ellas se encuentran en la tabla 1.

Clases de uso	Superficie	
	(ha)	(%)
Monte	438.917,94	76,84
Afloramientos rocosos	74.123,28	12,97
Terreno natural	34.735,41	6,08
Áreas cultivadas	14.966,91	2,62
Áreas urbanas	6.388,11	1,12
Cuerpos de agua	2.098,44	0,37
Total CIRCh	571.230,09	100

Tabla 1. Usos del suelo en la Cuenca Inferior del Río Chubut, año 2019

Del área total de la CIRCh, 571.230,09 hectáreas (ha), las áreas de monte ocupan 438.917,94 ha, es decir, el 76,84% de la superficie del área de estudio, y hacen referencia a las zonas de vegetación natural que no se encuentran bajo riego, donde se practica ganadería ovina extensiva, con influencia de los procesos de erosión eólica e hídrica.

En esta oportunidad no se distinguió según cantidad de cobertura de vegetación, ni el grado de degradación de la misma. Las áreas de afloramientos rocosos suman 74.123,28 ha, correspondientes a un 12,97% de la CIRCh, e incluyen las zonas de roca, caolín y algo de suelo desnudo. Por su parte, las áreas de terreno natural, 34.735,41 ha, son aquellas zonas dentro del VIRCh, que en noviembre de 2019 no se encontraban cultivadas (muchas de ellas puede ser que estuviesen recién cosechadas o cultivadas). No se consideraron como monte, debido a que son zonas con un historial de producción agrícola-ganadera, y se encuentran en constante cambio, correspondiendo a un 6,08% de la CIRCh y aproximadamente a un 50% del VIRCh. Las áreas cultivadas abarcan 14.966,91 ha, un 2,62% del total de la CIRCh. Los cultivos principales del Valle son pasturas (alfalfa, festuca, agropiro), producción fruti-hortícola (hortalizas, frutales, cerezas, papa), y su existencia es posible gracias a los canales de riego.

Las áreas urbanas alcanzan 6.388,11 ha, representando solo un 1,12% de la superficie total de la CIRCh, e incluyendo a Trelew, Rawson, Playa Unión, Gaiman, Dolavon y 28 de julio. Por último, los cuerpos de agua, compuestos por el Río Chubut, una parte del Dique Florentino Ameghino, las lagunas negras de efluentes cloacales entre Trelew y Rawson, y otras lagunas temporales, contienen 2.098,44 ha, equivalentes solo a un 0,37%. El río no sale en su totalidad debido a que el tamaño del pixel para Landsat 8 es de 30 metros, y el ancho medio del río es de 28 metros (Kaless et. al, 2008)

CONSIDERACIONES FINALES

En el presente trabajo se ha desarrollado un mapa de clases de uso del suelo en la CIRCh a partir de la clasificación supervisada de la imagen Landsat 8, se distinguieron seis clases y se determinaron las superficies que ocupan cada una de ellas. Luego del análisis de los mismos resulta notable la superficie ocupada por el monte, que supera ampliamente a los demás usos. Si bien en esta instancia la clasificación resultó exitosa, sería de relevancia para futuros trabajos volver a delimitar las ROIs para superficies que poseen una reflectancia similar, tales como afloramientos rocosos y áreas urbanas y así perfeccionar los resultados obtenidos.

La importancia de realizar un abordaje a escala de cuenca consiste en que contribuye a dimensionar su complejidad y su funcionamiento como un sistema de captación y concentración de agua, en donde se establecen asentamientos humanos que hacen un uso diverso de los recursos. El concepto de ambiente es tanto espacial como temporal, por lo que el análisis de los cambios demográficos y de los procesos de modificación de uso del suelo son claves a la hora de abordar las cuestiones ambientales y comprender cómo se fueron gestando las problemáticas actuales. Esta aproximación al abordaje ambiental de la CIRCh nos da la posibilidad de continuar analizando los usos del suelo en diferentes escalas temporales y de ser usada como base para identificar las problemáticas ambientales que surgen de cada uso, dado que, por ejemplo, si bien las áreas cultivadas y las urbanas ocupan menos de un 5% 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 la segunda zona productiva de toda la Patagonia.

Resulta de suma importancia profundizar en el estudio de las unidades ambientales en la CIRCh, y las problemáticas ambientales asociadas a cada una de ellas, y a cada uso del suelo, a fin de proponer alternativas de manejo para contribuir en la transición hacia el uso sustentable de los recursos en la cuenca. En este contexto, las acciones a seguir deberían estar enfocadas en disminuir esta fragmentación y en fortalecer la vinculación tecnológica y las colaboraciones entre sectores públicos y privados, y en continuar fomentando el estudio de cuencas a partir del uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica que faciliten la elaboración de diagnósticos para interpretar históricamente la realidad, en la expectativa de elaborar planes de ordenamiento territorial orientados principalmente a la resolución de los conflictos ambientales.

REFERENCIAS

- 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.
- ArcMap, E. S. R. I. (2017). 10.5. 1. Redlands, CA: ESRI.
- Bocco, G. y Urquijo, P. (2010). La geografía ambiental como ciencia social. En *Los giros de la geografía humana: desafíos y horizontes* (pp. 313-327). Anthropos.
- Fundación Patagonia Tercer Milenio. (2016). Jornada participativa realizada en Rawson. *Jornadas de discusión para la construcción de una alternativa de provincia. Síntesis, conclusiones y propuestas*. 32-48.
- García, R. (2006). *Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa. 202
- Gaspari, F.J. y Senisterra, G.E. (2016). *Valoración de servicios ambientales para el ordenamiento agrohidrológico en cuencas hidrográficas*. Universidad Nacional de La Plata. 137
- 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.
- Kaless, G.; Matamala, F.M.; Montero, B. y Greco, W., (2008). Cambios hidrológicos y morfológicos en el Río Chubut aguas abajo de la presa Florentino Ameghino. *V Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos*, Tucumán, Argentina.

Marquez, M.I.; Vazquez, P.S. y Gonzalez Zevallos, D.R. (2019). La Cuenca Inferior del Río Chubut desde su abordaje ambiental. *I Jornadas Binacionales E+PA*. Universidad del Chubut.

Pascual, M. (2017). *El valle inferior del Río Chubut: hacia un tratamiento integral de los problemas del agua*. Reporte Red Ecofluvial.

Schroeder, T.A.; Cohen, W.B.; Song, C.; Canty, M.J. y Yang, Z. (2006). Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. *Remote Sensing of Environment*, 103, 16-26.

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.

Vis, I. (2011). *ENVI 4.7-The Environment for Visualizing Images*. Boulder, Colorado, USA: ITT Visual Information Solutions.

EFFECTOS DE EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS DIARIOS SOBRE EL CAUDAL DEL RÍO SAUCE GRANDE (ARGENTINA): UN ANÁLISIS A PARTIR DE DATOS SATELITALES ÓPTICOS

Andrea Brendel

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Federico Ferrelli

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

María Cintia Piccolo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Gerardo Miguel Eduardo Perillo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS)

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la variabilidad pluviométrica sobre el caudal del río Sauce Grande y la cobertura de agua en el año 2017. Se calcularon seis índices pluviométricos y se analizó el caudal del río. Se procesaron imágenes satelitales Landsat 8 posteriores a precipitaciones de diferente intensidad y se calculó la superficie cubierta por agua. El área de estudio presentó una marcada variabilidad pluviométrica que se vio reflejada en el caudal del río alcanzando, como se espera, su máximo con precipitaciones extremas. Las áreas de mayor vulnerabilidad hidrológica se localizaron sobre el NW de la laguna Sauce Grande, en la barrera medanosa austral y en cercanías de la descarga del río Sauce Grande en el Océano Atlántico.

Palabras clave: Monitoreo en alta frecuencia; Río de llanura; Región Pampeana; Vulnerabilidad hidrológica; Imágenes Landsat

INTRODUCCIÓN

En las planicies de Argentina, la cantidad e intensidad de las precipitaciones, el relieve escasamente ondulado y los suelos hidromorfos de muy baja permeabilidad son los principales factores que generan las recurrentes inundaciones a la cual está sujeta esta región (Vázquez et al., 2011). Los excesos hídricos se traducen en áreas anegables y en muchos casos afectan a la población, sus actividades económicas y las coberturas del suelo (Nosetto et al., 2012). En este sentido, el estudio del caudal de un curso de agua es fundamental para comprender la dinámica y variabilidad de la escorrentía y para conocer la respuesta de este frente a precipitaciones con diferente nivel de intensidad (Carbone et al., 2006). La medición del flujo en alta frecuencia ha

permitido a escala mundial y nacional monitorear con gran precisión el material particulado en suspensión y los contaminantes que se transportan desde las áreas continentales hacia el mar (Poulier et al., 2019), como así también analizar la frecuencia de inundación (Bezack et al., 2016). El procesamiento de imágenes satelitales Landsat ha facilitado el monitoreo de las áreas cubiertas por agua ante eventos de precipitación severos en diferentes cuencas hidrográficas del mundo por su alta resolución espacial y temporal, cobertura y calidad de datos (Kolios y Stylios, 2013; Sakai et al., 2018). Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la variabilidad pluviométrica sobre el caudal diario del río Sauce Grande y sobre la cobertura de agua de la cuenca inferior durante el año 2017. La finalidad de este estudio es la de generar una base de datos necesarios para identificar las áreas de mayor vulnerabilidad hidrológica ante la ocurrencia de lluvias torrenciales y extremas. De esta manera, se podrían orientar políticas públicas destinadas al ordenamiento sustentable del territorio.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la cuenca baja del río Sauce Grande (2.630 km²), localizada al sur de la Región Pampeana (figura 1). El clima es subhúmedo seco, con una precipitación media anual de 646 mm y una temperatura media anual de 15,3 °C. La principal actividad económica es la agricultura de secano y pastoreo de ganado en pastizales (Brendel et al., 2019). Las sequías e inundaciones son recurrentes y constituyen uno de los fenómenos de mayor impacto sobre la actividad agrícola, la población y el ambiente (Aliaga et al., 2017).

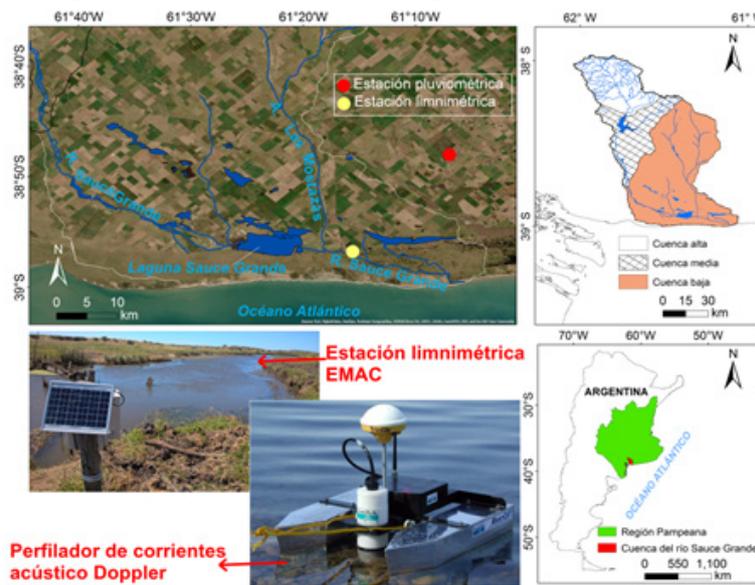


Figura 1. Localización de la cuenca inferior del río Sauce Grande y de la estación pluviométrica y limnimétrica utilizadas en el presente estudio

MÉTODO DE TRABAJO

Se calcularon seis índices pluviométricos de los cuales cinco fueron definidos por el Grupo Experto en Detección del Cambio Climático e Índices (ETCCDI, por sus siglas en inglés, <http://etccdi.pacificclimate.org>) y definido tras el conocimiento del régimen pluviométrico de la región (*) (tabla 1). Los mismos fueron calculados en el Software RClmDex (Zhang y Yang, 2013).

Para calcular los índices, se utilizaron datos diarios registrados por una estación pluviométrica ubicada en la cuenca baja del río Sauce Grande, durante el año 2017 (figura 1). Los mismos fueron cedidos por la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca. Por otro lado, se utilizaron datos diarios del caudal del río Sauce Grande de una estación ubicada a ≈8 km de la salida del río de la laguna Sauce Grande y luego de haber colectado las aguas del arroyo Las Mostazas (figura 1). Para calcular el flujo de agua, se realizaron cinco campañas

de aforo durante el año 2017, teniendo en cuenta los diferentes niveles de altura de agua del río, registradas por una Estación de Monitoreo Ambiental Costero (EMAC, <http://emac.iadoc-conicet.gov.ar/2019>). En cada campaña, se utilizó un perfilador de corrientes acústico Doppler basado en el sistema River Surveyor (figura 1). Los datos registrados fueron integrados a un *script* de programación en el Software Matlab que permitió conocer el caudal diario del río Sauce Grande.

Categorías	Definición
Precipitaciones fuertes	Número de días con precipitaciones diarias > 10 y < 20 mm
Precipitaciones severas	Número de días con precipitaciones diarias > 20 y < 25 mm
Precipitaciones torrenciales	Número de días con precipitaciones diarias > 25 y < 50 mm
Precipitaciones extremas (*)	Número de días con precipitaciones diarias > 50 mm
Días secos	Número de días con precipitaciones < 0,1 mm
Días lluviosos	Número de días con precipitaciones > 0,1 y < 9,9 mm

Tabla 1. Índices pluviométricos

Para evaluar los efectos de la precipitación sobre la cobertura de agua y el caudal del río, se seleccionaron cuatro días con precipitación de diferente intensidad y se procesaron imágenes satelitales Landsat 8 OLI-TIRS (Path 226, Row 87) de días posteriores a la ocurrencia de los mismos (tabla 2). Las imágenes fueron obtenidas del catálogo de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y corresponden a días despejados. Se realizó la corrección geométrica, radiométrica y atmosférica con el software ENVI 5.1 siguiendo los lineamientos descritos en Brendel et al. (2019). Para calcular la superficie cubierta por agua se aplicó el Índice de Diferencia Normalizada de Agua (NDWI, por sus siglas en inglés) (McFeeters, 1996).

Categorías	Fecha del evento	Fecha de la imagen satelital
Precipitación torrencial	26-02-2017	05-03-2017
Precipitación severa	30-03-2017	06-04-2017
Precipitación extrema	10-09-2017	13-09-2017
Día seco	18-12-2017	18-12-2017

Tabla 2. Descripción de las imágenes satelitales utilizadas

RESULTADOS

Análisis de los índices pluviométricos

El número de días con precipitaciones de diferente intensidad y los días sin precipitación se presentan en la figura 2. Los días secos fueron los más frecuentes (241 días), mientras que los lluviosos registraron un total de 105 días (figura 2). Los días con precipitación fuerte fueron nueve y se contabilizaron cinco días con precipitación torrencial. Por otra parte, los de intensidad severa fueron tres y los de categoría extrema dos (figura 2).

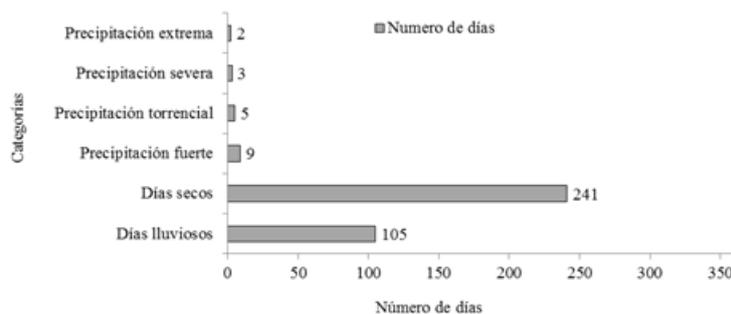


Figura 2. Número de días total de los seis índices analizados durante el año 2017

Teniendo en cuenta su distribución mensual, los días secos fueron más representativos en julio y diciembre (25 días) (i.e. 11/7, 18/12), seguido de enero, junio y agosto (23 días). Estos fueron menos frecuentes durante febrero. Se identificó un mayor número de días lluviosos durante octubre (14 días), seguido de noviembre y abril (13 días). Esta categoría presentó solo un día durante mayo y en los meses de invierno, se contabilizaron un total de seis. Los días con precipitación fuerte ocurrieron con mayor frecuencia en marzo y mayo (seis días en cada mes) (i.e. 30/3, 24/5) y también se registró un día por mes durante enero, junio, agosto, septiembre y octubre (i.e. 3/1, 20/9). Las lluvias torrenciales mostraron un comportamiento variable durante el año 2017. Estas ocurrieron en un solo día y fueron durante febrero, mayo, junio, agosto y noviembre (i.e. 26/2, 28/8). Las precipitaciones severas fueron más frecuentes en febrero (4 y 9 del mencionado mes), seguido de noviembre (2/11). Esta categoría no se registró en los demás meses. Por otro lado, se evidenciaron dos días con precipitación extrema y las mismas ocurrieron en marzo y septiembre de 2017 (8/3 y 10/9) (figura 3).

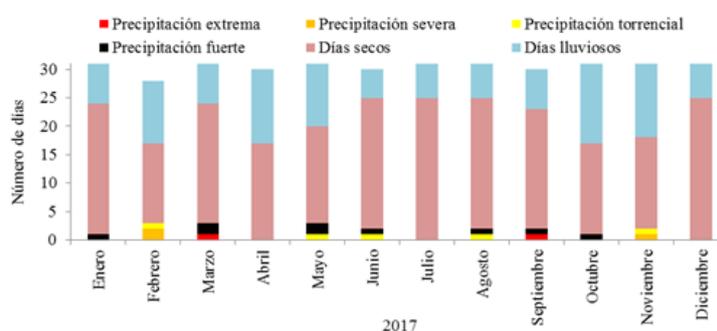


Figura 3. Número de días mensuales de los seis índices analizados

Análisis del caudal diario del río y su relación con la precipitación

El caudal medio del río Sauce Grande durante el año 2017 fue $2,8 \pm 3,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Se registraron situaciones donde el flujo fue superior al promedio, producto de precipitaciones con diferente intensidad. En este estudio se analizaron en detalle tres períodos. El primero ocurrió el día 26 de febrero de 2017 y se registró una precipitación extrema (48,8 mm) que generó un incremento del caudal de $4,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ un día después y de $8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ el día 28 (figura 4). El segundo período se produjo desde el 30 de marzo hasta el 2 de abril de 2017. La precipitación se caracterizó como fuerte el día 30 (17,8 mm) y los demás días se clasificaron como lluviosos (1,8, 2,4 y 1,6 mm, respectivamente). El total de precipitación acumulada fue 23,6 mm y desencadenó un incremento gradual del flujo del río, hasta alcanzar su máximo de $8,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ el día 3 de abril. El tercer período ocurrió entre el 10 y 11 de septiembre y se caracterizó como el más extremo, dado que el valor de caudal fue el más elevado de todo el período de estudio. Durante el mismo, se registró un total de 81,6 mm (precipitación extrema) de los cuales 63,4 mm ocurrieron el día 10. El caudal también aumentó progresivamente y mostró un valor de $2,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ el día 10/9, $22,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ el día 12 y alcanzó su máximo el 13/9 con $34,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Por último, en diciembre el caudal del río fue escaso. Por ejemplo, durante un día seco (18/12) el flujo fue $1,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y se mantuvo con ese caudal durante la mayor parte del mes producto de la ausencia de precipitaciones (figura 4).

La figura 5 muestra la cobertura de agua de la cuenca baja del río Sauce Grande en días posteriores a una precipitación torrencial (a), severa (b), extrema (c) y en un día sin precipitaciones (d). Durante esa última categoría, la cobertura de agua fue $28,3 \text{ km}^2$ (figura 5d). En el resto de los ejemplos analizados, el área fluctuó en función de la intensidad de las precipitaciones. En este sentido, la superficie cubierta por agua aumentó a $32,3 \text{ km}^2$ en días posteriores a un evento de precipitación severa (figura 5b) y fue $41,5 \text{ km}^2$ cuando ocurrió una lluvia torrencial (figura 5a). El área fue máxima ante un período de precipitación extrema, alcanzado un total de $75,4 \text{ km}^2$ (figura 5c).

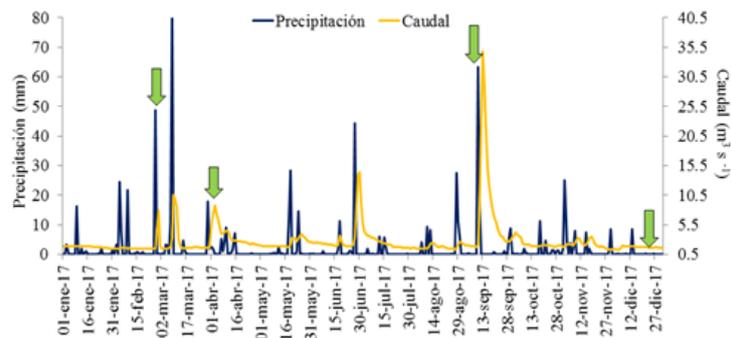


Figura 4. Caudal diario del río Sauce Grande y precipitación durante el año 2017. Las flechas indican los cuatro ejemplos analizados en este estudio: 26 de febrero, 30 de marzo, 10 de septiembre y 18 de diciembre de 2017

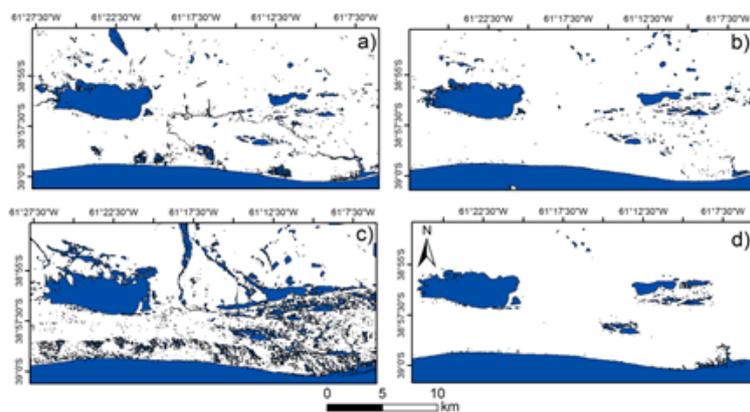


Figura 5. Cobertura de agua en el extremo sur de la cuenca inferior del río Sauce Grande durante días posteriores a una: a) precipitación torrencial (26/2/2017), b) severa (30/3/2017), c) extrema (10/9/2017), d) día seco (18/12/2017)

CONCLUSIÓN

El análisis de los seis índices diarios calculados permitió evidenciar que la cuenca inferior del río Sauce Grande presenta una marcada variabilidad pluviométrica. Dicha condición generó fluctuaciones en el caudal del río, alcanzando su máximo con precipitaciones extremas. Este tipo de estudio es fundamental para el ordenamiento territorial, dado que es la primera vez que se monitorea el caudal diario en este sector de la cuenca, considerando el aporte del arroyo Las Mostazas como principal afluente del río Sauce Grande. Por otro lado, el procesamiento de imágenes satelitales Landsat permitió detectar las áreas más vulnerables ante un evento de crecida del río producto de precipitaciones de diferente intensidad. Estas se localizan sobre el NW de la laguna Sauce Grande, es decir antes del ingreso del río homónimo en el cuerpo de agua y sobre la barrera medanosa austral y en cercanías de la descarga del río Sauce Grande en el Océano Atlántico. Teniendo en cuenta que la variabilidad pluviométrica ocasiona severos daños económicos en la zona de estudio, el conocimiento de las áreas de mayor vulnerabilidad hidrológica aporta información necesaria para el manejo sustentable de los recursos naturales y la permanencia de las actividades económicas de la cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los proyectos subsidiados por el CONICET y la Universidad Nacional del Sur como así también a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y a la Bolsa de Cereales de Bahía Blanca por los datos cedidos.

REFERENCIAS

- Aliaga, V.S.; Ferrelli, F. y Piccolo, M.C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *International journal of climatology*, 37, 1237-1247.
- Bezák, N.; Brilly, M. y Šraj, M. (2016). Flood frequency analyses, statistical trends and seasonality analyses of discharge data: a case study of the Litija station on the Sava River. *Journal of Flood Risk Management*, 9(2), 154-168.
- Brendel, A.S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M. (2019). Assessment of the effectiveness of supervised and unsupervised methods: maximizing land-cover classification accuracy with spectral indices data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(1), 014503.
- Carbone, M.E.; Pérez, D.E.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. (2006). Comportamiento hidrológico del arroyo Claromeco, Argentina. *Investigaciones geográficas*, (39), 179-193.
- Kolios, S. y Stylios, C. D. (2013). Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data. *Applied Geography*, 40, 150-160.
- McFeeters, S.K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.
- Nosetto, M.D.; Jobbágy, E.G.; Brizuela, A.B. y Jackson, R.B. (2012). The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 154, 2-11.
- Poulier, G.; Launay, M.; Le Bescond, C.; Thollet, F.; Coquery, M. y Le Coz, J. (2019). Combining flux monitoring and data reconstruction to establish annual budgets of suspended particulate matter, mercury and PCB in the Rhône River from Lake Geneva to the Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, 658, 457-473.
- Sakai, T.; Takakura, H.; Okumura, M.; Hatta, S.; Yosikawa, Y.; Hiyama, T. y Yamaguchi, Y. (2018). Monitoring spring floods on the Lena River using multiple Satellite sensors. En *Global Warming and Human-Nature Dimension in Northern Eurasia* (pp. 53-69). Springer, Singapore.
- Vázquez, P.; Masuelli, S.; Platzeck, G. y Boolsen, O. (2011). Recurrencia de anegamiento en la pampa deprimida, Provincia de Buenos Aires. En Rivas, R., Carmona, F. y Ocampo, D (eds.) *Teledetección: Recientes aplicaciones en la Región Pampeana* (pp 31-46). Recuperado de http://cursosihlla.bdh.org.ar/Libro_011/.
- Zhang, X. y Yang, F. (2013). *RClimDex (1.1) user manual*. Recuperado de <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/software.shtml>.

UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA ONLINE I-TREE CANOPY PARA ESTIMAR LA COBERTURA ARBÓREA DEL BARRIO CENTRO DE LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA

María Eugenia Arias
IGEHCS (CONICET-FCH UNICEN)

Juan Pablo Celemín
IGEHCS (CONICET-FCH UNICEN)

Palabras clave: Arbolado urbano; i-Tree Canopy; Clasificación de imágenes; Mar del Plata

INTRODUCCIÓN

Los árboles juegan un papel importante en las áreas urbanas al mejorar la calidad del aire, mitigar las islas de calor urbanas, reduciendo la escorrentía de aguas pluviales y proporcionando hábitat de biodiversidad. Por eso, la estimación precisa y actualizada de la cobertura de copas de árboles urbanos es una necesidad básica para la gestión de espacios verdes en las ciudades, ya que proporcionan una métrica a partir de la cual se puede entender la variación y el cambio de cobertura (Parmehr et al., 2016). Las ciudades más “verdes” son por lo general, más eficientes en términos de calidad de agua, aire y conservación de la energía. Por lo tanto, puede decirse, que los árboles son productores de servicios ecosistémicos, ya que están involucrados y facilitan los procesos que se llevan a cabo en el ecosistema urbano.

Los árboles y bosques urbanos son un elemento fundamental en el ambiente de una ciudad

pues brindan diversos beneficios de carácter ambiental, estético, paisajístico, recreativo, social y económico. Sin embargo, muchas veces esos servicios se ven subestimados pues se perciben como intangibles por la sociedad y terminan siendo dejados a un lado en el momento de tomar decisiones acerca del manejo y planeación de la ciudad (Soto, 2010). De acuerdo a los beneficios antes mencionados es imprescindible contar con un preciso conocimiento del arbolado público existente como punto de partida para la elaboración de un adecuado plan de gestión.

Las zonas céntricas de las ciudades suelen ser las que menos espacios verdes y árboles ofrecen a sus habitantes debido a la alta densidad edilicia presente en esas zonas urbanas. En este contexto, el presente informe cuantifica el arbolado en el barrio Centro de la ciudad de Mar del Plata a través del programa *i-Tree Canopy*, desarrollado por el Servicio Forestal de Estados Unidos con la finalidad de proporcionar análisis de silvicultura urbana y rural y herramientas de evaluación de beneficios.

Es para destacar como en pocos años la tecnología ha favorecido un cambio sustancial en el estudio del arbolado urbano de manera que la información obtenida habitualmente en trabajos de campo pueda ser complementada, mejorada y actualizada con relativa rapidez a través de la utilización de distintas herramientas que son cada vez más sencillas de utilizar. Mientras que el uso de imágenes satelitales requiere conocimientos técnicos específicos, el programa *i-Tree Canopy* permite de manera sencilla, con mayor precisión y de forma online obtener superficies de coberturas con alto nivel de detalle cuyos resultados pueden ser actualizados con relativa facilidad (Celemín y Arias, 2018).

El área de estudio es el barrio Centro de la ciudad de Mar del Plata que cuenta con una importante densidad edilicia (figura 1). Posee un área de 2.970 km² y un perímetro de 9.038 km. En esta zona están radicadas diferentes dependencias gubernamentales, edificios para vivienda, hoteles y varios equipamientos urbanos destinados a la actividad turística.

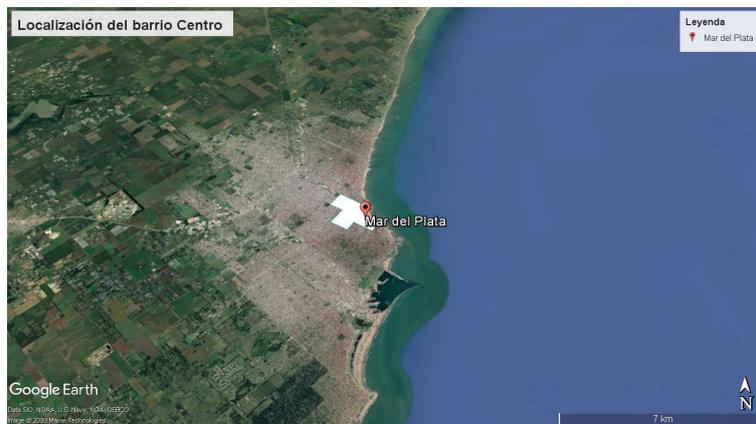


Figura 1. Localización del barrio Centro de la ciudad de Mar del Plata

MATERIALES Y MÉTODOS

El *i-Tree Canopy* realiza la estimación por medio de un estimativo estadístico de cobertura en el área de interés dado que el usuario cuenta con la posibilidad de escoger diferentes tipos de clasificación de cobertura (ejemplo: árboles, áreas impermeables, agua, arbustos, pastos, entre otros). Una vez que se han seleccionado los tipos, la clasificación se hace sobre imágenes satelitales de *Google Earth* y la confiabilidad de los resultados depende de la cantidad de puntos que sean identificados por el usuario. La identificación se realiza manualmente ya que el usuario clasifica los puntos que el programa muestra aleatoriamente sobre las imágenes de *Google Earth*.

Es importante remarcar dos consideraciones sobre el *i-Tree Canopy*. El primero y más importante es el número de puntos seleccionados y analizados por el usuario, ya que cuanto mayor sean estos la precisión de la estimación de *i-Tree Canopy* será mucho mejor, reduciendo así el error estándar en el modelo. El manual de usuario del programa recomienda la ubicación de

entre 500 y 1.000 puntos por área estudiada (entre los 5 a 20 km²). La segunda consideración está relacionada directamente con la capacidad del usuario de identificar acertadamente el tipo de cobertura, algunas veces dificultada por la calidad de las imágenes (Barbosa Gómez, 2015). Para el presente estudio se establecieron dos clases: Árboles y Sin Árboles y se clasificaron 500 puntos.

Teniendo en cuenta lo anterior, *i-Tree Canopy* estima el porcentaje de cobertura y el error estándar mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Error estándar (SE)} = \sqrt{\frac{p * q}{N}}$$

Siendo,

N= Total de puntos posibles en el polígono

n = Puntos clasificados por el usuario

p = n / N = Porcentaje de cobertura

q = 1 - p

Es por esta razón que a medida que aumenta el número de puntos clasificados por el usuario (n) menor será el error estándar de la estimación (SE).

El segundo insumo es el área de estudio, en este caso el barrio Centro de la ciudad de Mar del Plata provisto por la Municipalidad de General Pueyrredón. Dicha capa es convertida a la proyección WGS84 y luego cargada en la página web del *i-Tree Canopy* (<https://canopy.itreetools.org/>) para luego proceder a la clasificación de los puntos sobre la imagen actual de *Google Earth* correspondiente a la fecha 31/03/2019.

RESULTADOS

La clasificación de la imagen de *Google Earth* para la fecha 31/03/2019 del barrio Centro de Mar del Plata permite detectar que la cobertura arbórea es de 9,4 y la no arbórea es de 90,6, con un error estándar de +/-1,31 tal como se observa en la figura 2.

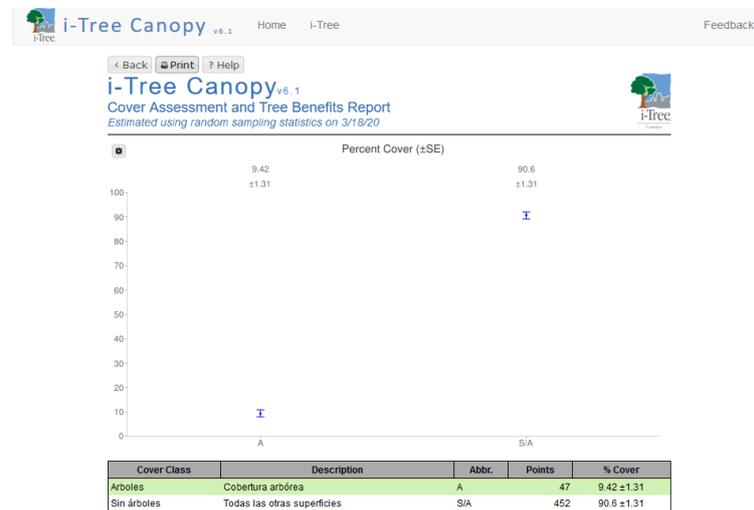


Figura 2: Reporte de clasificación del *i-Tree Canopy* y localización de puntos de clasificación en el barrio Centro de la ciudad de Mar del Plata

CONCLUSIONES

La vegetación urbana, particularmente árboles, ofrece numerosos beneficios que pueden mejorar la calidad del medio ambiente y la salud humana en las áreas urbanas. Estos beneficios incluyen mejoras en la calidad del aire y del agua, la conservación de la energía, las temperaturas del aire más frías, las reducciones de la radiación ultravioleta, y muchos otros servicios ambientales. Por ello, el estudio de las áreas verdes en los espacios urbanos tiene

cada vez mayor importancia no solo para los organismos de gestión sino también para los habitantes (Benedetti et al., 2016).

Para estimar el porcentaje de cobertura arbórea en el área de estudio se utilizó la herramienta *i-Tree Canopy* desarrollada por el Servicio Forestal de Estados Unidos. Es una aplicación *web* que guía a un usuario a través de un proceso de interpretación para determinar una clasificación de cubierta para un área determinada. Dicho programa usa imágenes de *Google Earth Pro* para crear una serie de puntos aleatorios que son interpretados por el usuario para determinar el tipo de cobertura. Es un proceso similar a la clasificación supervisada de un SIG con la diferencia de que únicamente se obtiene porcentaje de superficie de cada categoría ya que no genera mapas de salida. De esta manera se obtiene la superficie de cobertura de las clases determinadas por el usuario. Sería de interés que en un futuro también se incluyera un mapa de la clasificación.

Los resultados muestran una cobertura de la copa de los árboles del 9,42 para la fecha del 31/03/2019. A futuro sería interesante realizar más clasificaciones de acuerdo a las distintas estaciones del año para obtener un promedio global. Así, los resultados serían de mayor utilidad para la gestión del arbolado urbano de la ciudad.

REFERENCIAS

Barbosa Gómez, G.A. (2015). *Valorización Ambiental de la cobertura vegetal afectada según diseños previos de planificación del corredor ALO (Avenida Longitudinal del Occidente)*. Tesis de maestría. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Bogotá, Colombia.

Benedetti, G.M.; Duval, V.S. y Campo, A.M. (2016). Propuesta para el análisis de cobertura del arbolado urbano. Caso de estudio: Pigüé, provincia de Buenos Aires. *Revista Proyección*, 10(20), 244-258. Mendoza: Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial (CIFOT), de la Facultad de Letras de la Universidad Nacional de Cuyo.

Celemín, J.P. y Arias, M.E. (2018). Análisis del arbolado del barrio Centro de la ciudad de Santiago del Estero (Argentina) a partir de imágenes satelitales. *Revista Geografia em Questão*, 11(1), 147-156.

Parmehr, E.G.; Amati, M.; Taylor, E.J. y Livesley, S.J. (2016). Estimation of urban tree canopy cover using random point sampling and remote sensing methods. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 160-171.

Soto, M. F.A. (2010). *Revisión de los modelos CITYgreen, i-Tree Tools ECO e i-Tree Tools Streets, como herramientas para la cuantificación de los servicios ecosistémicos prestados por el arbolado urbano de Bogotá*. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana - Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Bogotá, Colombia.

USDA Forest Service. <https://www.itreetools.org>

CLASIFICACIÓN DE PAISAJES AGRÍCOLAS DEL PARTIDO DE OLAVARRÍA: APORTES GEOGRÁFICOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE PÉRDIDA DE SUELO POTENCIAL

Daiana Yael Daga

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL). Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN

Nahuel David Sequeira

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL). Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN

Patricia Vázquez

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL). Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN

Mariana Núñez

Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales-Comisión de Investigaciones Científicas, FCH, UNICEN

Palabras clave: Sistemas de información geográfica; Erosión; Gestión ambiental; Tipologías; Agricultura

INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica ocurre especialmente cuando el flujo de agua superficial transporta partículas del suelo desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia o la escorrentía, dando lugar con frecuencia a canales claramente definidos, como surcos o cárcavas (FAO, 2016). La erosión es un problema ambiental en la medida que se pierden nutrientes, materia orgánica, capacidad de retención de humedad y profundidad edáfica.

Aunque es un proceso natural, la tasa de erosión es típicamente incrementada o acelerada por la actividad humana (FAO, 2016). En este sentido, la pérdida de suelo derivada de este proceso se constituye en uno de los principales problemas ambientales de los territorios donde se desarrolla la agricultura (Cristeche, 2009), incidiendo significativamente en la productividad y repercutiendo en el aprovisionamiento de alimentos por parte de la población.

En este contexto, cobra relevancia el análisis de la factibilidad de ocurrencia de estos procesos en áreas agrícolas, especialmente en aquellas inmersas en procesos de intensificación productiva, como es el caso de la Región Pampeana Argentina; que desde hace algunas décadas representa un claro ejemplo del proceso de agriculturización. El partido de Olavarría (7.715 km²), localizado en el centro de la provincia de Buenos Aires (figura 1), no resultó ajeno al mencionado proceso ni a sus efectos negativos. Si bien es un partido predominantemente ganadero, la agricultura se ha expandido notablemente, incrementándose un 59% entre 1988 y 2002 (CNA, 1988; 2002). La intensidad de los procesos erosivos varía de acuerdo a la modalidad de desarrollo de las actividades agrícolas, pero también según la aptitud de los paisajes sobre los que se realizan. Nuñez (2016) definió diversas unidades morfoedáficas para el partido, que pueden interpretarse en términos de paisaje, agrupadas en tres compartimentos ecológicos: Serranías, Llanuras periserranas (Llp) y Llanuras deprimidas (Lld); desarrollándose la agricultura solo en las últimas dos.

En este marco, el trabajo propone identificar cualitativamente la distribución espacial de la intensidad de la pérdida de suelo potencial (PSP) en los distintos paisajes agrícolas que componen el partido de Olavarría. Para ello, en principio, se debe indagar acerca de los atributos ecológicos presentes que influyen potencialmente en la pérdida del recurso. La integración de estos factores en el marco de un sistema de información geográfica (SIG), permite establecer tipos de PSP y, siguiendo expresiones lógicas, los paisajes se pueden clasificar según la intensidad de ocurrencia de este proceso. En este aspecto, se entiende que los SIG constituyen herramientas de análisis espacial idóneas facilitando el diagnóstico de diversos problemas ambientales y, por lo tanto, aportando a la toma de decisiones.

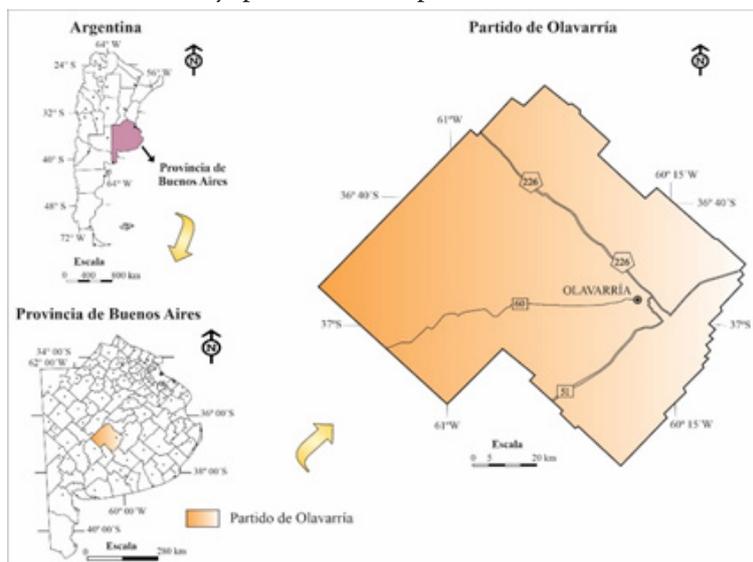


Figura 1. Localización del área de estudio: partido de Olavarría
Fuente: Elaboración personal

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de alcanzar el objetivo propuesto, inicialmente, se digitalizaron en un SIG (ArcGIS 10.4.1) los paisajes donde se desarrolla la actividad agrícola, definidos y caracterizados por Nuñez (2016) mediante la delimitación de las principales variaciones en la morfología superficial. Luego, se determinaron los diferentes tipos de intensidad de pérdida de suelo potencial que se podrían evidenciar en el área.

Para ello, primeramente, se contemplaron los factores que integran la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo establecida por Wischmeier y Smith (1978), en este caso, referidos al cálculo de pérdida potencial (la máxima posible para un sitio determinado considerando el suelo desnudo durante todo el año): R, erosividad de las lluvias ($\text{hJ cm m}^{-2} \text{h}^{-1}$); K, susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica ($\text{t m}^2 \text{h ha}^{-1} \text{hJ}^{-1} \text{cm}^{-1}$); L, longitud de la pendiente (m); S, pendiente (%). El factor R, se obtuvo considerando los dominios edáficos que caracterizan el área (dominios 2 y 23) (Iruetia y Cruzate, 2002).

Respecto al factor K, fue necesaria información edáfica específica de los perfiles de suelos: % de materia orgánica, % de limo y arena muy fina, grado de estructura, permeabilidad y % de arcilla; obtenida a partir de la consulta en línea de las cartas de suelos de INTA (escala 1:50.000). Los datos de longitud y pendiente fueron adquiridos de información proveniente de Iruetia y Cruzate (2002) y las cartas de suelos de INTA (escala 1:50.000), respectivamente. De esta forma, se consideraron un total de ocho variables.

Seguidamente, estos datos fueron sistematizados en el SIG contemplando las series de suelo principales de cada paisaje, permitiendo generar agrupamientos mediante cortes naturales de las distintas variables; y así distinguir los distintos tipos de intensidad de PSP.

Para clasificar a los distintos paisajes, se seleccionó la serie de suelo más representativa de cada uno (MP, Mar del Plata; CC, Cinco Cerros; Bal, Balcarce; LD, La Delicia), y se incorporó en el SIG la información concerniente de cada variable en la capa de los paisajes que fue digitalizada. Posteriormente, se creó un nuevo campo siguiendo expresiones lógicas con el analizador Python, que permitieron clasificar los diferentes paisajes. Finalmente, se obtuvo un mapa temático evidenciando la distribución de los tipos de intensidad de PSP que se esperarían para cada paisaje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partiendo del estudio realizado por Nuñez (2016), se digitalizaron los paisajes donde se desarrolla la actividad agrícola en el partido (figura 2). De manera general, los paisajes Llp1, Llp2a, Llp2b y Llp3 se encuentran incluidos dentro del compartimento ecológico denominado Llp, el cual abarca aproximadamente un 17% de la superficie, presenta relieves con grado de ondulación variable que circundan los bloques serranos y registra pendientes con valores promedio de entre 1 y 3%. Los suelos predominantes son los *argiudoles típicos/ líticos* y *hapludoles líticos*. Por su parte, los paisajes Lld1 y Lld3 pertenecen a las Lld, las cuales ocupan alrededor del 82% del área, exhiben relieves deprimidos con bajo potencial de escurrimiento superficial y presencia de cubetas, poseen zonas donde emergen irregularmente lomas, microlomas y lomadas, y los suelos de mayor importancia son *natracuoles típicos* y *argiudoles típicos*.

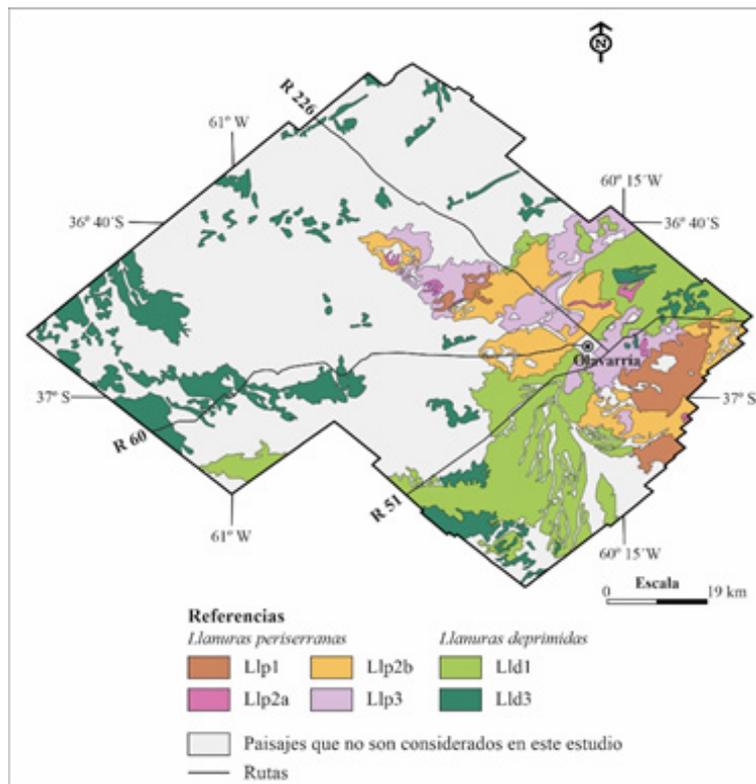


Figura 2. Paisajes agrícolas del partido de Olavarría
 Referencias: Llp: Llanuras periserranas; Lld: Llanuras deprimidas
 Fuente: elaboración personal sobre la base de Nuñez (2016)

Considerando las características de las principales series de suelo representativas de cada paisaje, se distinguen tres tipos de intensidad de PSP en el área de estudio:

≈ *Tipo 1: intensidad baja*

En el paisaje predomina un valor de erosividad de las lluvias de 312, un porcentaje de materia orgánica de la capa superficial del suelo que varía entre 7,28 y 8,02%, una presencia de limo y arena muy fina entre 51,9 y 63,9%, y un porcentaje de arcilla que se ubica entre 30,71 y 33,8%. Los suelos se caracterizan por tener una estructura buena o regular y una permeabilidad entre moderada y moderadamente lenta. La longitud de la pendiente es, en general, de 200 m y su porcentaje es de entre 0,5 y 0,75%.

≈ *Tipo 2: intensidad media*

En el paisaje predomina una erosividad de las lluvias de 312, un porcentaje de materia orgánica que va entre 6,18 y 7,27%, una presencia de limo y arena muy fina entre 63,91 y 70%, y un porcentaje de arcilla que se ubica entre 25,71 y 30,7%. Los suelos están caracterizados por tener una estructura buena o regular y una permeabilidad entre moderada y moderadamente lenta. La longitud de la pendiente es predominantemente de 200 m y su porcentaje varía entre 0,76 y 2%.

≈ *Tipo 3: intensidad alta*

En el paisaje predomina una erosividad de las lluvias de 342, un porcentaje de materia orgánica que oscila entre 5,26 y 6,17%, una presencia de limo y arena muy fina entre 70,01 y 75,2%, y un porcentaje de arcilla de entre 19,9 y 25,7%. Los suelos se caracterizan por presentar una estructura regular a mala y una permeabilidad que va entre moderadamente lenta y muy lenta. La longitud de la pendiente que predomina es de 300 m y su porcentaje varía entre 2,01 y 5,5%.

A continuación, en la figura 3, se muestra la distribución de los tipos de intensidad de PSP descriptos, de acuerdo a cada paisaje.

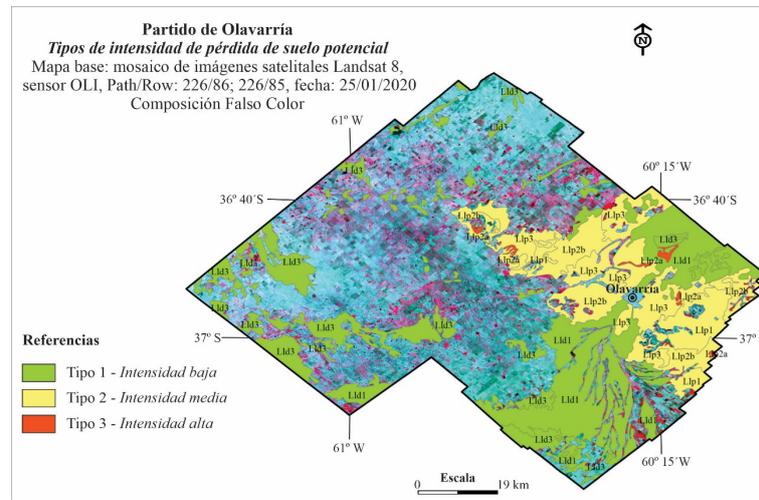


Figura 3. Intensidad de pérdida de suelo potencial en los paisajes agrícolas de Olavarría

Referencias: Llp: Llanuras periserranas; Lld: Llanuras deprimidas

Fuente: elaboración personal sobre la base de Nuñez (2016).

La mayor intensidad se observa en el paisaje Llp2a vinculado, especialmente, a las pendientes más pronunciadas que se evidencian en esas áreas; mientras que los paisajes Lld1 y Lld3 registran las pérdidas de suelo más bajas. A pesar de que Llp2a conforma el paisaje de menor extensión (ocupando un 0,89% del total), es imprescindible que se formulen estrategias de gestión basadas en prácticas conservacionistas del recurso suelo; en función de posibles avances de la agricultura en la zona, en el marco del proceso de agriculturización que se viene suscitando en la región hace décadas (Viglizzo et al., 2011), y por presentar características que favorecen la aparición de procesos erosivos.

De manera general, según plantea Nuñez (2016), en los últimos 20 años la mayoría de los establecimientos agrícolas del partido de Olavarría situados en la Llp exhibieron un corte progresivo en la práctica de las rotaciones (cultivos agrícolas-pasturas). Esto se intensificó con la incorporación de la siembra directa (SD), consolidada actualmente en toda el área. Lo indicado se vincula al avance del proceso de agriculturización mencionado, caracterizado por la intensificación productiva, posicionando al monocultivo de soja como la producción principal, desplazando a otros cultivos. A su vez, la autora afirma que, considerando las amplias pendientes de la Llp, en algunos establecimientos se solía aplicar la técnica de siembra de cultivos siguiendo curvas de nivel. Sin embargo, con la introducción de la SD este manejo fue abandonado.

En este sentido, si además se efectuara la estimación de la erosión actual o real del área de estudio, aspectos como la inclusión de prácticas conservacionistas, la realización de rotaciones de cultivos y el método de labranza utilizado (convencional o SD), conformarían factores clave para determinar si la pérdida del suelo por erosión es alta o baja, en un análisis de variación temporal. Así, las pérdidas del recurso disminuirían cuanto mayor cantidad de prácticas conservacionistas se efectuasen, si se aplicaran rotaciones y si se utilizaran métodos de labranzas menos agresivos, tal como pudieron comprobar Sequeira y Vázquez (2021) en el área agrícola de Tres Arroyos, un partido representativo de la Región Pampeana Austral.

En el contexto del área de estudio resulta evidente que las tasas de erosión actual serían altas, en función de las escasas prácticas conservacionistas que se realizan; aunque tal vez menores en comparación con años anteriores cuando predominaba la labranza convencional. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la inclusión de la SD no representa una solución definitiva para evitar la pérdida de suelo por erosión, ya que tal como explica Castilla (2013), y como lo demuestran otros trabajos de la región (López et al., 2016; Sequeira y

Vázquez, 2021), se trata de una práctica que debe ser complementada con un adecuado plan de rotaciones de cultivos, una fertilización apropiada y con la decisión de emplear la mayor cantidad de estrategias posibles que contribuyan a la conservación del recurso.

Por último, las estrategias de manejo mencionadas deberían integrarse en un plan de gestión ambiental del área de estudio, donde también sean incluidos los paisajes tipificados como tipo 2 y tipo 1; ya que, pese a no presentar características ecológicas que los posicionen como áreas de ocurrencia de erosión potencial alta, abarcan el 37,97 y el 61,14% de la superficie total de los paisajes estudiados, respectivamente. Por esta razón, se estima que son paisajes donde la agricultura se encuentra en su mayor extensión, conformando áreas amplias susceptibles de ser negativamente impactadas.

CONSIDERACIONES FINALES

Contemplando las características propias de los paisajes donde se desarrolla la agricultura en el partido, se distinguen tres tipos de intensidad de PSP. Los denominados tipo 1 y tipo 2 son los que manifiestan la intensidad baja y media, respectivamente, pero son los que abarcan mayor superficie (casi el 100%); mientras que el tipo 3 ocupa una ínfima parte del área estudiada (0,89%), pero representa la intensidad de pérdida más elevada. El paisaje que lo integra es la Llp2a, caracterizada por exhibir llanuras marcadamente onduladas en las que predominan formaciones superficiales poco profundas y lomas pronunciadas; incrementando su susceptibilidad a la erosión.

Finalmente, la metodología aplicada facilitó la visualización de la distribución espacial de distintos tipos de intensidad de PSP, sin requerir cálculos adicionales, permitiendo obtener un primer diagnóstico del área evaluada. En función del notable avance de la agricultura en los últimos años, sería importante profundizar el estudio analizando la pérdida de suelo actual, y monitorear su variación a lo largo del tiempo. El presente estudio propone brindar información relevante al momento de planificar acciones concretas de gestión ambiental del territorio, focalizadas en la conservación del recurso suelo; y continuar validando el aporte de los SIG como herramientas idóneas para este tipo de estudios ambientales, posibilitando la obtención, el almacenamiento, el tratamiento y el reporte de datos espaciales para el apoyo en la toma de decisiones (Buzai y Baxendale, 2013).

REFERENCIAS

- Buzai, G., y Baxendale, C. (2013). Aportes del análisis geográfico con sistemas de información geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. *Persona y Sociedad*, 27(2), 113-141.
- Castilla, F. (2013). Siembra directa. La elegida para conservar el suelo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, (39)2, 118-123.
- CNA (1988). *Censo Nacional Agropecuario*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- CNA (2002). *Censo Nacional Agropecuario*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Cristeche, E. (2009). *Valoración económica de los efectos externos de la erosión hídrica sobre la infraestructura de caminos rurales en el Sur de la provincia de Córdoba, Argentina* (tesis de maestría). Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura) (2016). *Estado mundial del recurso suelo*. Roma, Italia: FAO.
- Irurtia, C. y Cruzate, G. (2002). *Aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en la provincia de Buenos Aires*. Informe Técnico. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.
- López, F.; Duval, M.; Martínez, J. y Galantini, J. (2016). Porosidad de ustoles bajo siembra directa en el sudoeste bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 34(2), 173-184.
- Nuñez, M. (2016). *Partido de Olavarría: ordenación ecológica y formas de ocupación y uso del ecosistema* (tesis doctoral). Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste.

Sequeira, N. y Vázquez, P. (2021). Impacto de la erosión hídrica sobre la rentabilidad de los productores agrícolas en el partido de Tres Arroyos, Región Pampeana Austral Argentina. *Revista Geográfica de América Central*. En prensa.

Viglizzo, E.; Frank, F.; Carreño, L.; Jobbagy, E.; Pereyra, E.; Clatt, J.; ... Ricard, F. (2011). Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology*, 17, 959-973.

Wischmeier, W. y Smith, D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning*. Science and Education Administration. Maryland, Estados Unidos: USDA.

DELIMITACIÓN DE COBERTURAS DEL SUELO A PARTIR DE DATOS SATELITALES Y MEDICIONES *IN SITU* EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA REGIÓN PAMPEANA (ARGENTINA)

Federico Ferrelli

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Andrea Brendel

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS)

María Cintia Piccolo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Gerardo Miguel Eduardo Perillo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar diversas fuentes de información satelital para delimitar las coberturas del suelo de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). La metodología incluyó el análisis de tres matrices. La primera presentó las coberturas del suelo medidas *in situ*, mientras que las otras dos fueron las clasificadas por los productos MODIS-Landcover y ESA-Landcover. Para su comparación, las coberturas del suelo brindadas por las tres fuentes de datos fueron llevadas a una resolución espacial de 300 metros y se aplicaron métricas de matrices. El producto MODIS-Landcover presentó excelentes ajustes para estudiar los cultivos y los pastizales, mientras que los ESA-Landcover para los cuerpos de agua y la expansión de las áreas urbanas. Los resultados representan una base de datos esencial para diseñar políticas de manejo sustentable del territorio destinadas a preservar las actividades económicas.

Palabras clave: Productos satelitales globales; Landsat 8 OLI-TIRS; Cuenca del río Sauce Grande; Firmas espectrales; Cruce de matrices

INTRODUCCIÓN

La teledetección proporciona información fundamental para evaluar la actividad agrícola, forestal, las áreas urbanas y los cuerpos de agua de una región en particular. Actualmente, las imágenes satelitales permiten monitorear las coberturas del suelo y sus cambios a escala global, regional y local de forma periódica (Gordon et al., 2008). Las cuencas hidrográficas son unidades espaciales que funcionan como integradores de los cambios medioambientales que ocurren en el paisaje terrestre (Williamson et al., 2009). Por ello, la generación de un mapa de coberturas del suelo con excelente precisión y exactitud es de gran utilidad para el ordenamiento del territorio.

Actualmente, están disponibles productos satelitales que contienen las coberturas del suelo a escala mundial. Uno de ellos es el derivado de la combinación de los satélites MODIS-Aqua

y MODIS-Terra. Este pertenece a la colección MCD12Q1C y es un producto satelital de 500 m de resolución espacial (LAADS-DAAC). Por otro lado, la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) ofrece productos de coberturas del suelo derivado de la combinación de varios satélites para el período 1992-2018 con una resolución espacial de 300 metros (ESA, 2017). La ventaja de estas dos fuentes de datos es que son de acceso libre y se encuentran validados a escala mundial. A pesar de ello, se desconoce su ajuste en relación con los datos medidos a campo en las cuencas hidrográficas de Argentina.

Por lo mencionado, el objetivo de este estudio fue evaluar la precisión de los productos de cobertura del suelo de MODIS y de ESA en relación con las coberturas del suelo determinadas a campo con la finalidad de identificar la fuente de información indirecta que mejor se ajusta a lo observado *in situ* en la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). Los resultados permitirán identificar el grado de exactitud y de error de cada una de las fuentes de información.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio fue la cuenca del río Sauce Grande, localizada en el sudoeste bonaerense (Argentina) (figura 1). Tiene una superficie de 4.856 km² y se emplaza dentro de los climas templados y semiáridos con una precipitación media anual de 705 mm (Brendel et al., 2019). Su economía se basa en la ganadería y en los cultivos de secano, por lo que la variabilidad de las precipitaciones puede impactar de forma directa sobre la población y sus actividades.

La temperatura media anual es 15,5°C, presentando una diferenciación térmica marcada entre inviernos y veranos (Brendel et al., 2019). Las características de su clima favorecen el crecimiento de cultivos estivales, mientras que las horas de frío facilitan la implementación de cultivos durante el invierno. En general, las áreas cultivadas se localizan en la mayor parte de la cuenca, siendo la cuenca media y baja la que mayor extensión presenta. El conocimiento de sus coberturas del suelo es indispensable para orientar y guiar políticas públicas relacionadas con el ordenamiento del territorio (Brendel et al., 2019).

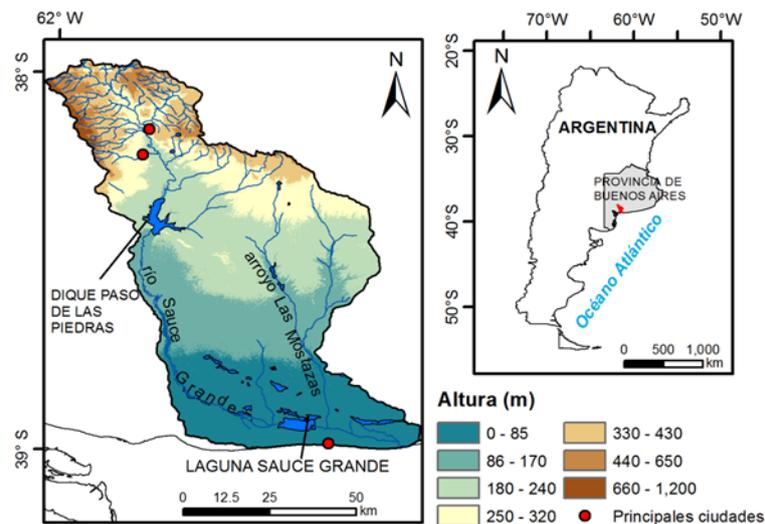


Figura 1. Localización de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina)

MÉTODO DE TRABAJO

Se confeccionó un mapa de coberturas del suelo a partir del conocimiento, recorrido y muestreo a campo de la zona de estudio. Los sitios de medición se seleccionaron a partir del análisis de la composición de bandas (falso color) de imágenes satelitales Landsat 8 OLI-TIRS del año 2018. Las mismas fueron descargadas del catálogo oficial de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE, Argentina). Posteriormente, se realizaron cinco viajes de campo en los que se determinaron seis coberturas del suelo (tabla 1).

Cobertura del suelo	Características	Fotos
Vegetación riparia	Herbáceas, vegetación espesa, altamente vegetada y árboles localizados en las márgenes de los ríos y los cuerpos de agua	
Pastizales	Áreas con vegetación herbácea natural e implantada destinada a la actividad ganadera	
Cultivos	Áreas sembradas con cultivos de verano y de invierno.	
Cuerpos de agua	Lagunas y reservorios de agua	
Suelo descubierto	Rocas expuestas sin vegetación localizadas al noroeste y dunas sin vegetación ubicadas en las costas	
Áreas urbanas	Localidades ubicadas dentro de la cuenca. Sierra de la Ventana, Villa Ventana, Saldungaray, Monte Hermoso, Lastigau y San Román	

Tabla 1. Coberturas del suelo determinadas a campo mediante observación directa y combinación de falso color en imágenes Landsat 8 OLI-TIRS

Posteriormente, mediante la utilización de un espectro radiómetro de campo *Ocean Optics USB 2000+*, se adquirieron firmas espectrales con la finalidad de diferenciar espectralmente estas coberturas (figura 2). Este instrumento analiza la reflectancia espectral desde los 400 hasta los 1200 nm con un ancho de banda de 0.34 nm, por lo que registra información en el espectro visible y en el infrarrojo cercano. El período de muestreo coincidió con el horario del cenit solar y se realizó en días con condiciones de cielo descubierto y escasa velocidad del viento (< 10 km/h).



Figura 2. Adquisición de firmas espectrales en el terreno

Para clasificar las coberturas del suelo se aplicaron los métodos supervisados de Máxima Probabilidad y Distancia de Mahalanobis, utilizando las muestras georeferenciadas adquiridas a campo como base de la clasificación. Estas fueron utilizadas dado que son las que arrojan resultados más precisos y con mayor exactitud para el área de estudio (Brendel et al., 2019). Para aplicarlos, se procesaron cuatro imágenes Landsat OLI-TIRS 8 correspondientes a las distintas estaciones del año. Este procesamiento incluyó la corrección geométrica mediante la técnica de puntos de control, corrección atmosférica y la corrección radiométrica, incluyendo la aplicación del método de resta de objetos oscuros descritos en Brendel et al. (2019).

Por otro lado, se descargaron los productos MODIS MCD12Q1C de coberturas del suelo provisto por LAADS-DAAC y los productos de la ESA correspondientes al año 2018. Para que todos los mapas sean comparables entre sí, se estableció un valor de píxel de 300 metros. Luego, se unificaron las nomenclaturas de las coberturas del suelo para realizar un análisis de las matrices. Con el objetivo de evaluar la precisión de los productos respecto del mapa *in situ*, se realizó una matriz de confusión pixel por pixel. Se calcularon distintos parámetros de estimación como i) la exactitud global que indicó el porcentaje de píxeles correctamente clasificados, ii) la exactitud del productor que expresa la probabilidad de que un píxel clasificado como clase x realmente pertenezca a esa clase y iii) la precisión del usuario que hace referencia a la probabilidad de que un píxel clasificado como x corresponda a dicha clase.

Las matrices fueron comparadas mediante el cálculo del índice Kappa. El mismo es una medida de precisión que computa la exactitud, en este caso, entre los productos MODIS y de la ESA con respecto a la clasificación *in situ*, eliminando lo que cabría esperar por el azar. El Índice Kappa y la precisión oscilan entre 0 y 1 (ó 0-100 %) y según Monserud y Leemans (1992), el mismo podría tener una clasificación cualitativa considerando: i) $<0,4$ ajustes muy malos, ii) $>0,4$ $<0,55$ ajustes moderados, $>0,55$ $<0,7$ ajustes buenos, iii) $>0,7$ $<0,85$ muy buen ajuste y iv) $>0,85$ excelente ajuste. Estos análisis se realizaron en el Software ENVI y el ArcGIS 10.5.

RESULTADOS

Comportamiento espectral de las coberturas del suelo

El comportamiento espectral de las cinco coberturas del suelo medidas *in situ* se muestra en la figura 3. Las mismas presentaron una marcada diferenciación espectral. Si bien algunas coberturas presentaron valores similares en el espectro visible, estas fueron claramente

diferenciadas en el Infrarrojo Cercano (IRC). La vegetación riparia, los cultivos y los pastizales presentaron un comportamiento similar a lo largo de todo el espectro. Sin embargo, la primera cobertura se caracterizó por tener los valores máximos en el IRC, siendo claramente diferenciable del resto. Los cultivos registraron picos máximos y más elevados que los pastizales en el verde (550 nm) y en el IRC (9,2 y 43,5 %, respectivamente) (figura 2).

Por otro lado, los suelos desnudos mantuvieron una firma espectral típica de este tipo de coberturas con valores constantes a lo largo de todo el espectro ($\cong 15$ %). Lo mismo se observó en el agua, registrando una reflectancia baja. Aún así, su máximo se identificó en el visible (5,2 %) (figura 3).

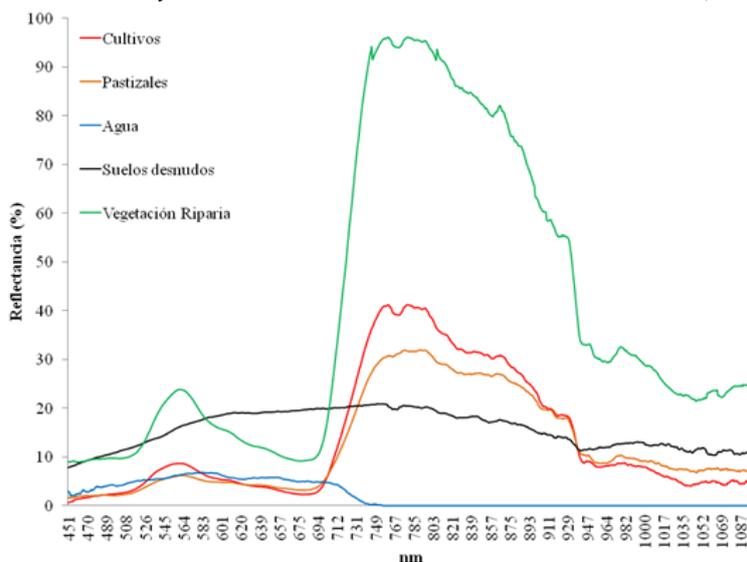


Figura 3. Firmas espectrales de las coberturas del suelo identificadas in situ durante el año 2018

Evaluación de las coberturas del suelo

Los cultivos tuvieron una cobertura similar entre los resultados obtenidos *in situ* y los identificados con MODIS-Landcover (35,9 y 44,3%, respectivamente), mientras que en el producto ESA-Landcover estos presentaron una superficie mayor (80,1%). Un caso similar se observó en los pastizales. Los mismos tuvieron una cobertura menor en el mapa derivado de ESA-Landcover (18,1%) (Figura 4).

Por otro lado, los suelos desnudos abarcaron el 7,9% de la superficie de la cuenca. no se registraron en los dos productos satelitales. La vegetación riparia ocupó un 5,1%, mientras que en MODIS-Landcover 0,1% y en ESA-Landcover 0,2%. Finalmente, el área correspondiente a las áreas urbanas fue igual en los tres casos analizados (0,4%) (figura 4).

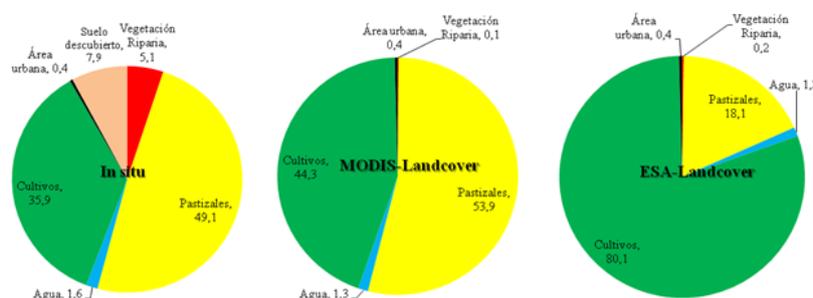


Figura 4. Porcentaje de las coberturas del suelo identificadas in situ, con MODIS Landcover y con ESA Landcover

Al observar las matrices, se identificó que el mapa obtenido *in situ* presentó mayor detalle al estar realizado sobre una imagen satelital con resolución espacial menor (30 m - Landsat 8). El producto ESA-Landcover sobreestimó las áreas de cultivos. Su resolución espacial (300 m) no permitió determinar la existencia de suelos al descubierto sobre la cuenca. Los mismos se emplazaron dentro de pastizales (figura 5).

El mapa derivado del MODIS-Landcover no permitió obtener una matriz con grandes detalles como el observado *in situ* debido a su resolución espacial (500 m), pero sí se identificó la heterogeneidad espacial registrada entre cultivos y pastizales sobre la cuenca media y baja. Al igual que en el caso anterior, los suelos al descubierto formaron parte de los pastizales. Las coberturas de agua estuvieron bien definidas en los tres productos, al igual que las ciudades. Esta última categoría tuvo mayor extensión en el MODIS, dado que presentó un área urbana al sur del dique Paso de Las Piedras (Figura 5).

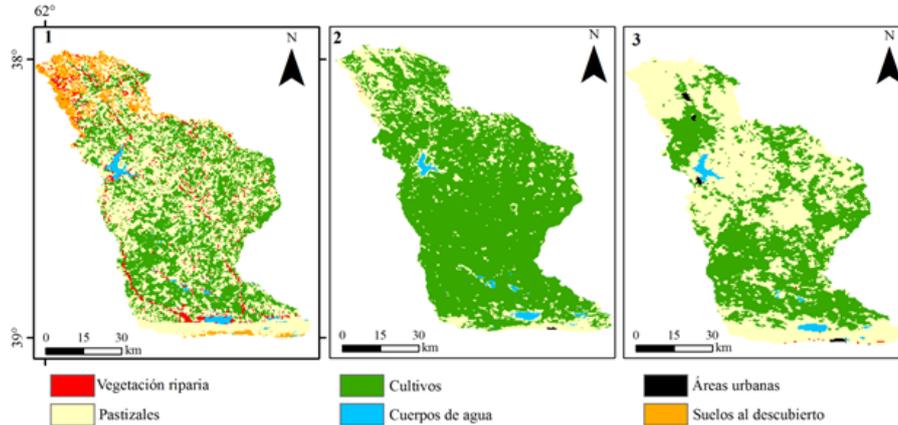


Figura 5. Distribución espacial de las coberturas del suelo calculadas en los tres productos cartográficos 1) *in situ*, 2) ESA-Landcover y 3) MODIS-Landcover

Evaluación de la precisión y la exactitud de los productos satelitales

Al realizar el cruce de matrices píxel por píxel entre el mapa obtenido *in situ* con la de MODIS-Landcover y la de ESA-Landcover, se observaron diferencias. En el primer caso, el coeficiente Kappa fue 0,78 y la precisión general 0,81, lo que indicó un muy buen ajuste entre ambas matrices. Por otro lado, el producto ESA-Landcover presentó valores de 0,43 y 0,51, respectivamente, identificando un ajuste moderado.

A partir del análisis de la precisión del productor y del usuario, el producto MODIS-Landcover presentó valores de 86 y 88,2% para el cultivo, respectivamente. El pastizal mostró valores de 92 y 80,2% y el agua de 93,7 y 97,1%, respectivamente, lo que evidencia que este producto presenta excelentes ajustes para estudiar estas coberturas. Por otro lado, con el producto ESA-Landcover se obtuvieron excelentes resultados para el agua (93,2 y 98,2%) y las áreas urbanas (89 y 98%) (figura 6).

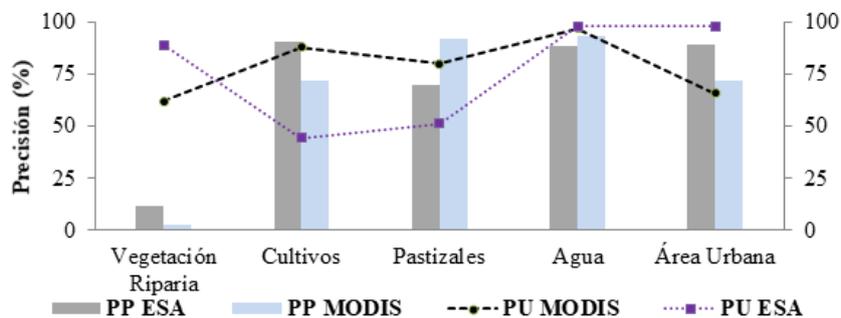


Figura 6. Precisión del Usuario (PU) y Precisión del Productor (PP) para MODIS-Landcover y ESA-Landcover en relación con los datos obtenidos *in situ*

CONCLUSIÓN

El análisis de productos provistos por fuentes indirectas demostró que si bien sobreestiman o subestiman las áreas, ambos tienen gran utilidad para estudiar las coberturas del suelo a escala de cuencas hidrográficas. El MODIS-Landcover es una buena herramienta para estimar y monitorear los cultivos y los pastizales, mientras que el producto ESA-Landcover favorece el

estudio del crecimiento de las ciudades y de la cobertura de agua.

Los resultados constituyen una base de datos esencial para el monitoreo de las coberturas del suelo en las cuencas de clima templado y semiárido de la provincia de Buenos Aires y sirven de base para el ordenamiento del territorio como así también para orientar políticas públicas destinadas a conservar los recursos naturales y las actividades económicas de la población.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y a la Universidad Nacional del Sur (CONICET - UNS) por el financiamiento del presente trabajo. Además, a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por la proporción de datos satelitales, al LAAD y la ESA por los productos satelitales.

REFERENCIAS

- Brendel, A.S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M.C. y Perillo, G. M. (2019). Assessment of the effectiveness of supervised and unsupervised methods: maximizing land-cover classification accuracy with spectral indices data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(1), 014503.
- ESA. Land Cover CCI Product User Guide Version 2. Tech. Rep. (2017). Recuperado de maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf
- Gordon, L.J.; Peterson, G.D. y Bennett, E.M. (2008). Agricultural modifications of hydrological flows create ecological surprises. *Trends in ecology & evolution*, 23(4), 211-219.
- Monserud, R.A. y Leemans, R. (1992). Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological modelling*, 62(4), 275-293.
- The Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System (LAADS) Distributed Active Archive Center (DAAC), <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>
- Williamson, C.E.; Saros, J.E.; Vincent, W.F. y Smol, J.P. (2009). Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. *Limnology and Oceanography*, 54(6part2), 2273-2282.

PROTOTIPO GOOGLE-EARTH-ENGINE (GEE) PARA EL MODELADO HIDROLÓGICO DEL EMBALSE PASO DE LAS PIEDRAS (PDLP), ARGENTINA

Ignacio Villanueva

Consultor independiente, Zaragoza, España

Ana Casado

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur - CONICET

Guillermo Collazos

Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA) - C.I.C

Verónica Gil

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur - CONICET

RESUMEN

Para ayudar a garantizar una gestión sostenible del recurso hídrico en la cuenca del río Sauce Grande y particularmente en el dique-embalse Paso de Las Piedras, se evalúa el monitoreo de lluvia satelital y superficie inundada sobre la plataforma de acceso libre de Google-Earth-Engine. Se verificó la idoneidad de la lluvia CHIRPS a escala mensual durante el periodo 1981-2010, se preparó un modelo simple de aporte de escorrentía según la lluvia satelital y se estimó la variación mensual de la superficie embalsada detectada por los satélites Landsat-8 y Sentinel-2 para ser empleados en modelos de balance de masa. Los *scripts* de cálculo empleados se hacen de dominio público como ejemplo de práctica.

Palabras clave: Hidrología; Sauce Grande; Google-Earth-Engine; CHIRPS; Sentinel-2

INTRODUCCIÓN

La telemetría, junto con la gama variada y creciente de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), constituye una herramienta cada vez más utilizada para la obtención de datos y la modelación de eventos, procesos y dinámicas del espacio. El motor terráqueo de Google, traducción libre del Google-Earth-Engine o GEE (Gorelick et al., 2017), es una nueva plataforma de acceso libre y gratuito que no solo provee datos espaciales sino que permite almacenar y procesar datos a gran escala, del orden de petabytes (1M Gigabytes), directamente en la nube. Además de permitir reducir los costes de tiempo y equipamiento (infraestructura, mantenimiento y capacidad) para el procesamiento de datos, con resultados cuya robustez es más que aceptable (Kumar y Mutanga, 2019), la plataforma GEE es accesible a través de un simple navegador web de interfaz amigable y permite programar *scripts* de cargado y procesamiento de datos en función de la necesidad del usuario.

Las aplicaciones de GEE en hidrología son muy variadas (Kumar y Mutanga, 2019) e incluyen la determinación de variables espaciales por reflectividad (usos y coberturas del suelo), el monitoreo y prevención de inundaciones y sequías, el seguimiento de la carga sedimentaria en ríos y la batimetría de masas de agua, entre otras, reflejando un número creciente de aplicaciones prácticas. El presente trabajo presenta un prototipo GEE para el modelado hidrológico de embalses, susceptible de ser utilizado como herramienta de planificación y gestión del recurso hídrico en cuencas reguladas. Para ello se toma como estudio de caso piloto el dique-embalse Paso de Las Piedras (PdLP), Argentina, con el objetivo de calibrar modelos de precipitación areal y escorrentía de entrada al embalse y datos de determinación área-volumen-elevación (AVE) que servirán de base a modelos prospectivos de rendimiento del embalse a corto y mediano plazo.

ÁREA DE ESTUDIO

El dique-embalse Paso de las Piedras (PdLP) regula la cuenca media del río Sauce Grande desde 1978 para provisión de agua potable de consumo urbano (localidades de los partidos de Bahía Blanca y Coronel Rosales) e industrial (figura 1). El clima regional es seco subhúmedo (1981-2010) con marcada variación interanual, principalmente vinculada a la influencia del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) (Scian, 2000). Las sequías (déficit hídrico) e inundaciones (exceso hídrico) forman parte de la normal hidroclimática e impactan seriamente en la planificación y gestión del recurso hídrico a escala regional (Casado y Campo, 2019).

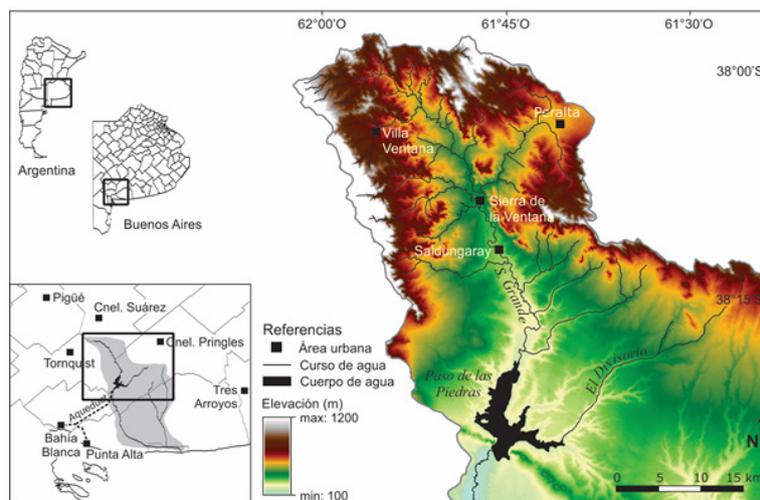


Figura 1. Localización del área de estudio piloto

PdLP fue construido para dar una solución definitiva a la demanda creciente de agua en la región. El embalse posee una capacidad de almacenamiento de 328 hm³ y una superficie de 36 km². El volumen medio anual de entrada es de 143 hm³, del cual el 75% es aportado por el Sauce

Grande (108 hm³); la provisión máxima proyectada es de 95 hm³ por año. Si bien PdLP operó durante 40 años sin fallas, la recurrencia de sequías y el aumento de la demanda a tasas superiores a la proyectada pusieron de relieve la necesidad de re-evaluar la capacidad operativa del embalse y su gestión. Es por ello que monitorizar la lluvia en la cuenca alta y el caudal de entrada al embalse, principal fuente de abastecimiento del mismo, reviste particular importancia.

MÉTODOS

Ante la ausencia de redes de monitoreo confiables y continuas en espacio y tiempo, el acceso a la telemetría satelital a través de herramientas como GEE es una alternativa atractiva para el seguimiento integrado de los recursos hídricos por dos razones: (i) la calidad y diversidad de información disponible de forma libre y gratuita; y (ii) la facilidad de procesamiento con costes de implantación y mantenimiento nulos. Sin embargo, las medidas remotas deben calibrarse previamente con registros de campo no solo para validar el uso de la información telemétrica sino para determinar las series que mejor se ajustan al periodo temporal y área de interés para el estudio. En este trabajo se procesan funciones de agregado y promedio espacial en el ámbito de la cuenca alta del río Sauce Grande utilizando distintos pasos y periodos de tiempo. Ello se realiza en función de los registros disponibles y con el objetivo de explorar la gama de pasos y periodos de tiempo potencialmente utilizables en modelos prospectivos de rendimiento del embalse. En todos los casos se utilizan funciones *standard* ya definidas. El enlace de acceso a los *script* de carga y procesamiento se provee en el apéndice. Siguiendo las directrices de Holzman y Villanueva (2019) y dentro del rango disponible de satélites para la escala hidrológica de interés, se trabajó con los datos espaciales de Landsat-8 y Sentinel-2 y los datos de lluvia de CHIRPS.

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO GEE-PDLP

Evaluación de la lluvia satelital

Los datos de lluvia satelital disponibles en GEE con su mallado espacial y paso temporal por defecto aparecen en la tabla 1. Nótese que la resolución más fina de 0.05° corresponde a unos 5.000 metros. Para obtener la distribución areal de la lluvia en una cuenca de drenaje, el algoritmo GEE genérico delimita el límite de la cuenca y dentro de ella cuantifica la lluvia acumulada de acuerdo a los registros satelitales para cada pixel, de modo que se obtiene un mapa de lluvia acumulada y distribuida en el periodo de interés. El intervalo temporal programado en este caso es el mensual y los resultados obtenidos corresponden a valores medios (1981-2010) promediados para la totalidad de la cuenca de contribución al embalse. El mejor ajuste con los datos observados por Casado (2013) se consigue con CHIRPS (figura 2). El régimen de lluvia anual presenta la misma forma (momento), con máximo en verano-primavera y mínimo en otoño-invierno (austral). Por su parte, la diferencia en la magnitud de los montos mensuales se mantienen en el orden de $\pm 20\%$ excepto en el mes de agosto, donde el porcentaje de error alcanza el -44 %. Se destaca, sin embargo, que el error absoluto medio para el periodo es de tan solo -5 mm.

Fuente	Celda espacial o resolución	Paso tiempo o cadencia
CHIRPS	0.05 °	24 h
CFSV2	0.2 °	6 h
GLDAS2-1	0.25 °	3 h
TRMM	0.25 °	3 h
PERSIANN	0.25 °	24 h
GFS-pronóstico	0.25 °	3h

Tabla 1. Tipos de lluvia satelital disponibles en GEE con su mallado espacial y paso temporal

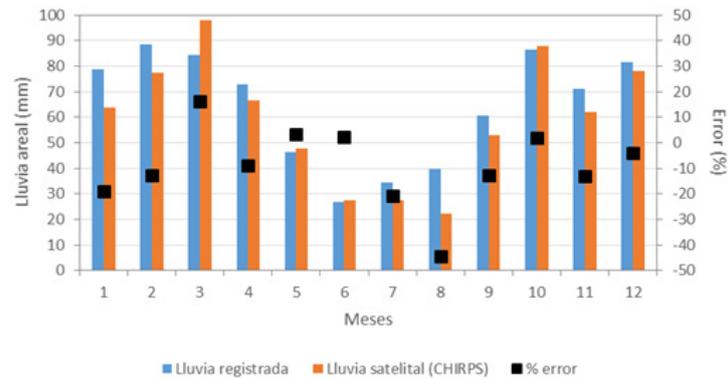


Figura 2. Lluvia areal media mensual registrada y procesada con GEE (CHIRPS) para la cuenca de contribución a PdIP (1981-2010). El error (en %) se calcula en función de la lluvia satelital respecto a la registrada

Modelo de escorrentía simple

Para confirmar la validez de la lluvia satelital CHIRPS en tanto motora del escurrimiento superficial, se cargó un modelo hidrológico de lluvia-escorrentía simple de reservorio lineal aplicable a escala diaria o mensual. El aporte de la cuenca al embalse (Q), en función de la lluvia (R) y parámetros de relación simples como son el factor de respuesta de la cuenca (F) y la recarga inicial se calculó como sigue:

$$Q^{n+1} = Q^n \exp(-F\Delta t) + R [1 - \exp(-F\Delta t)] \quad (1)$$

El modelo fue programado en lenguaje Python para ser integrado como submódulo del *script* empleado dentro de la plataforma GEE. Los resultados preliminares comparando el caudal simulado y el observado en el periodo de validación marzo-noviembre de 2007 (figura 3) presentan un error en volumen por exceso del simulado de 5,5%, un buen ajuste de los primeros picos en magnitud y la tendencia de recesión y menor ajuste en el *timing* asociado a la condición antecedente de humedad que será evaluada con modelos más complejos.

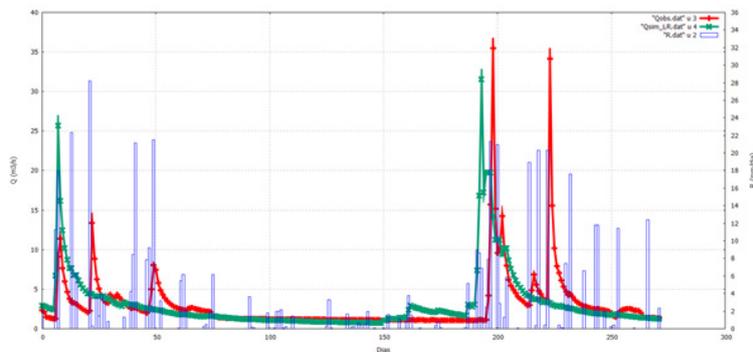


Figura 3. Comparación del caudal diario simulado (verde, modelo de reservorio lineal, m3/s) en base a lluvia CHIRPS (barras azules, mm/día), y el caudal observado (rojo) entre marzo y noviembre de 2007, error de volumen 5,5%

Evolución de la superficie embalsada

Además de estimar la escorrentía de entrada al embalse, GEE permite estimar un parámetro fundamental como es la superficie embalsada para un determinado momento. Conociendo este valor y siendo la curva AVE conocida, es posible determinar el volumen embalsado y/o la cota de embalse correspondiente.

Se procedió a la clasificación de imágenes satelitales Sentinel-2 y Landsat-8 debido a su potencial de reconstrucción de la superficie embalsada actual e histórica, respectivamente. El algoritmo GEE fue programado como sigue: (i) cargado de las imágenes disponibles en un mes; (ii) selección de una media mensual o selección de la imagen con menos cobertura de nubes; y (iii) establecimiento de una capa *ND* (índice normalizado de contraste) que permita

detectar la superficie embalsada. En la versión más simple, *ND* se define por el contraste entre dos bandas del espectro reflejado como sigue:

$$ND = \frac{(B_x - B_y)}{(B_x + B_y)} \quad (2)$$

donde B_x es una banda con alto valor de reflectividad del medio receptor y B_y es una banda de baja reflectividad (o que se transmite más por el medio receptor). Las combinaciones típicas para detectar masas de agua corresponden a: (i) $B_x = \text{Azul o Verde}$ y $B_y = \text{NIR, SWIR}$ (infrarrojos cercano y de corta longitud de onda); o (ii) $B_x = \text{NIR}$ con $B_y = \text{SWIR}$ (si existen sólidos suspendidos sobre la superficie de agua).

Dentro del rango de oscilación posible de *ND* (-1 y 1), se seleccionaron umbrales de corte entre 0,25 y 0,5 de modo que todas las celdas por encima de ese valor sean consideradas como “mojadas” y se computen para determinar la superficie embalsada. Se observa la brevedad y simpleza con que se programa la evaluación de diferentes *NDs* en el entorno de programación de GEE.

En la figura 4 se observa la superficie media mensual procesada para 2019. El tiempo de revisita mayor de Landsat-8 y su resolución espacial más grosera es fuente de las diferencias y lagunas por ausencia de datos. Ello restringirá lógicamente el uso de imágenes Landsat para reconstrucciones históricas. En tanto para condiciones actuales, Sentinel-2 provee un muy buen ajuste. En la figura 5 se muestra una imagen Sentinel-2 procesada con *ND* para enero de 2019. Utilizando un umbral de 0,5, el error de ajuste de la curva AVE es de tan solo 3,8%. No obstante se observa que este umbral provee un buen ajuste durante los meses de verano, mientras que en otras estaciones del año debería modificarse para lograr un ajuste óptimo.

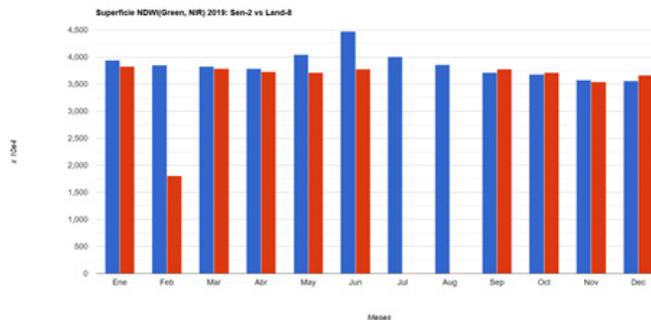


Figura 4. Superficie media mensual embalsada en el año 2019 según *ND* (Verde, NIR) procesando imágenes Sentinel-2 (azul) y Landsat-8(rojo) con umbral uniforme de 0,25



Figura 5. Ejemplo de salida GEE para el procesado *ND* en Enero de 2019 con Sentinel-2. El umbral de “celda mojada” usado es 0,5 y se ajusta a la de superficie AVE de 31,6 km² con un error de 3,8%

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En el presente trabajo se presentó un prototipo simple de calibración de datos y algoritmos de procesamiento en la plataforma GEE para el modelado hidrológico del embalse Paso de Las Piedras (PdLP). Se evaluó la robustez de modelos de precipitación areal y de escorrentía de entrada al embalse, así como el potencial de las imágenes satelitales disponibles en GEE para detectar la superficie embalsada, base de la determinación de la relación área-volumen-elevación. Los resultados obtenidos evidenciaron la calidad de la información disponible (cantidad, diversidad y frecuencia temporal), la facilidad y rapidez de procesamiento y la robustez de los resultados en relación con los registros disponibles. Así, la plataforma GEE emerge como una herramienta con gran potencial para la definición de modelos prospectivos de rendimiento del embalse a corto y mediano plazo permitiendo, paralelamente: (i) incluir el beneficio de la telemetría y flujos de procesamiento de datos en una plataforma unificada libre y gratuita; y (ii) reducir considerablemente los tiempos y costes de procesamiento. En este sentido, GEE se proyecta como una herramienta de gran utilidad para una variedad de usos y aplicaciones multi-ámbito que exceden ampliamente el objeto de este trabajo (ejemplo, educación, gestión, toma de decisiones, entre otras).

En efecto, se trata de una TIG novedosa y revolucionaria que brinda y procesa información en la nube de forma libre; esto es, permitiendo generar pautas de programación local para reformular las sentencias clásicas de bucles, condicionales y funciones para obtener un rendimiento óptimo de los resultados. También se puede incorporar datos de estaciones de monitoreo en tiempo real (siempre que se vuelquen previamente a la nube), existe la posibilidad de emplear técnicas de Machine-Learning (para modelos que requieran periodos largos de asimilación de datos) y se pueden emplear técnicas de entrenamiento de ajuste de parámetros. El potencial de aplicación de GEE se presenta así ilimitado y conducirá necesariamente a futuros esfuerzos de investigación que evalúen, validen y difundan el abanico de posibilidades de procesamiento de datos que integra esta plataforma.

REFERENCIAS

- Casado, A. (2013). *Human impacts and fluvial metamorphosis. The effects of flow regulation on the hydrology, morphology and water temperature of the Sauce Grande River, Argentina* (Tesis de Doctorado), Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand II - Universidad Nacional del Sur, Clermont-Ferrand. Recuperado de http://hydrologie.org/THE/CASADO_A.pdf
- Casado, A. y Campo, A.M. (2019). Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. *Cuadernos Geográficos*, 58(1), 6-26.
- Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D. y Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27. doi: 10.1016/j.rse.2017.06.031
- Holzman, M.E. y Villanueva, I. (2019). Notas para el curso “Estadística de series temporales e Introducción a la teledetección aplicada a la Hidrología”. 8-12 abril, UNSJB-IHLLA, Puerto Madryn, Argentina.
- Kumar, L. y Mutanga, O. (2019). *Google Earth Engine Applications*. Basel: MDPI.
- Scian, B. (2000). Episodios ENSO y su relación con las anomalías de precipitación en la pradera pampeana. *Geoacta*, 25, 23-40.

APÉNDICE

Disponibilidad de los scripts usados online desde la fecha del congreso en:

https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users/ivillamadrid/FreeDelta

Comprende los *script* de lluvia acumulada CHIRPS (diaria o mensual) en la cuenca alta no regulada entre dos fechas y los de variación de la superficie embalsada entre dos fechas.

USO DE ÍNDICES ESPECTRALES PARA DETECTAR EL EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE TOSCA EN EL CULTIVO DE MAÍZ

Carlos Vicente Bongiorno
CIISAS Facultad de Agronomía (UNCPBA)

Javier Alejandro Grosso
CIISAS Facultad de Agronomía (UNCPBA)

Juan Manuel Ressia
CIISAS Facultad de Agronomía (UNCPBA)

Lura Lázaro
CIISAS Facultad de Agronomía (UNCPBA)

RESUMEN

El cultivo de maíz es uno de los más difundidos en la región pampeana y es conocido por su sensibilidad a factores de estrés, siendo el periodo crítico centrado en la floración el que más condicionará su productividad (Andrade et al., 2000). La profundidad del suelo en muchas zonas productivas del sudeste bonaerense se encuentra limitada por la presencia de una capa endurecida de carbonato de calcio (tosca) que modifica la profundidad de exploración radical y con ello la disponibilidad de agua y nutrientes. La determinación de la profundidad a la tosca y su distribución en el lote se realiza habitualmente insertando una sonda metálica en puntos situados en una cuadrícula de 50 x 50 m; esta metodología de medición demanda un arduo trabajo de campo. El uso de índices espectrales ha sido sugerido como una alternativa de estimación para esta variable. El objetivo de este trabajo fue analizar la sensibilidad de 26 índices espectrales a la profundidad del horizonte calcáreo en un cultivo de maíz, calculados de una imagen satelital Sentinel-2 obtenida en el periodo crítico del cultivo. Los índices evaluados fueron; NDVI₈₄₂, NDVI₇₈₃, GNDVI₈₄₂, GNDVI₇₈₃, CIRed-edge₇₄₀, CIRed-edge₇₀₅, CIGreen, IRECI, MTCl, SAVI₈₄₂, SAVI₇₈₃, REP, OSAVI₈₄₂, OSAVI₇₈₃, MCARI, TCARI, PsSRa₈₄₂, PsSRa₇₈₃, NDRE1, NDRE2, MCARI/OSAVI₈₄₂, MCARI/OSAVI₇₈₃, TCARI/OSAVI₈₄₂, TCARI/OSAVI₇₈₃, NDMI y MSI. De los índices evaluados, PsSRa₈₄₂ y CIGreen fueron los que presentaron mayor grado de asociación ($r=0,93$) con la profundidad a la tosca.

Palabras clave: Sentinel-2, índices espectrales, tosca.

INTRODUCCIÓN

La capacidad del suelo para almacenar agua determina su aptitud agrícola. El rendimiento del cultivo de maíz es afectado por estrés hídrico, principalmente a través de la fijación de número de granos (Lizaso et al., 2003). El estrés hídrico causa el cierre de los estomas e impide la fotosíntesis y la transpiración, lo que resulta en cambios en el color y la temperatura de las hojas (Nilsson, 1995). Otros síntomas de estrés hídrico incluyen cambios morfológicos como el acartuchamiento o el marchitamiento de las hojas debido a la pérdida de turgencia celular. Deficiencias de agua durante la polinización, producen la mayor disminución en la productividad de maíz, por lo que se considera a este período como crítico para el cultivo (Bergamaschi et al., 2004), mientras que si ocurren durante las etapas vegetativas se reduce la altura de las plantas y el desarrollo del área foliar (Cakir, 2004).

En el sudeste bonaerense la capacidad de almacenamiento y la profundidad de exploración de las raíces suele estar restringida por la profundidad a la que se encuentra la tosca (PT) produciendo reducción en el rendimiento de los cultivos (Calviño y Sadras, 1999).

Construir mapas de PT y con ellos delimitar ambientes, contribuye a mejorar la rentabilidad del cultivo, más aún cuando ocurren deficiencias de precipitaciones (Forján y Manso, 2016). Para ello se realiza un muestreo con sonda de acero, siguiendo una "grilla", georreferenciando cada punto e interpolando en un software (Ross, 2012). Esta es una tarea laboriosa que requiere además validación de los resultados para controlar la capacidad de predicción.

Una alternativa útil para aliviar esta tarea es la utilización de índices espectrales (IV) calculados a partir de imágenes satelitales. Ellos permiten estimar el estado de estrés de los cultivos y detectar los factores biofísicos que lo determinan (Rouse et al., 1974). Los IV utilizados más frecuentemente son NDVI y GNDVI, *útiles para predecir IAF y nivel de biomasa*. Otros pueden predecir el nivel de clorofila foliar y N en planta, como CRed-edge, CGreen, REP, IRECI, MTCI, PsSRa, MCARI, TCARI, NDRE1, NDRE2, (Guyot y Baret, 1988). No obstante, existen otros IV propuestos que han manifestado distinto nivel de sensibilidad a cambios en el área foliar, estado nutricional y acumulación de biomasa (Hunt et al., 2008), como SAVI, OSAVI. También se han formulado índices para estimar el estrés hídrico, se destacan el NDMI y el MSI.

Los satélites Sentinel-2, ofrecen imágenes en distintas bandas, que permiten calcular los IV mencionados, con resoluciones espaciales de 10 x 10 m y 20 x 20 m.

El objetivo de este trabajo fue analizar la sensibilidad de 26 IV a la profundidad de tosca en un cultivo de maíz, calculados de una imagen satelital Sentinel-2 obtenida en el periodo crítico del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un lote de producción del establecimiento agropecuario “La Tacuarita”, ubicado en el partido de Azul provincia de Buenos Aires (figura 1). El suelo corresponde a un Argiudol Petrocálcico (Soil Survey Staff, 2014), posee una capacidad de uso IIIs, con limitaciones por escasa profundidad por presencia de tosca. La medición de la PT se realizó, siguiendo una cuadrícula de 50 x 50 m (figura 2), utilizando una varilla metálica de 1,5 m de longitud. Cada punto de muestreo fue georreferenciado con un navegador satelital “Garmin Etrex 20”.



Figura 1. Ubicación del sitio de estudio. Latitud (-36,91121°), Longitud (-59,86442°)

En el lote se realizó un barbecho químico con productos y dosis habituales. El cultivo de maíz se sembró, en forma directa, el 9/11/2019, luego de realizado el muestreo de PT, utilizándose el híbrido Dekalb 6910-VT3P con densidad uniforme de 65000 semillas ha⁻¹. Se fertilizó a la siembra con 80 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico y en V6 (Ritchie y Hanway, 1982) con 135 kg ha⁻¹ de urea granulada.

Se utilizó una imagen tomada el 8/2/2020 por el satélite Sentinel-2, con el cultivo en R2 (Ritchie y Hanway, 1982) para el cálculo de los IV en cada punto de muestreo de PT. Todos estos procesos fueron realizados con el software “QGIS 3.10.2”. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de correlación de Pearson entre IV y PT mediante el *software* Infostat (Di Rienzo et al., 2017).

Se analizaron 48 puntos de muestreo de PT para comparar con los IV que corresponden a dos parcelas de 1200 x 17 m (figura 3). Las PT fueron promediadas por rangos de 10 cm.

Los índices calculados fueron; $NDVI_{842}$, $NDVI_{783}$, $GNDVI_{842}$, $GNDVI_{783}$, $CIRed-edge_{740}$, $CIRed-edge_{705}$, $CIgreen$, $IRECI$, $MTCI$, $SAVI_{842}$, $SAVI_{783}$, REP , $OSAVI_{842}$, $OSAVI_{783}$, $MCARI$, $TCARI$, $PsSRa_{842}$, $PsSRa_{783}$, $NDRE1$, $NDRE2$, $MCARI/OSAVI_{842}$, $MCARI/OSAVI_{783}$, $TCARI/OSAVI_{842}$, $TCARI/OSAVI_{783}$, $NDMI$ y MSI .



Figura 2. Puntos de muestreo de profundidad de tosca Figura 3. Puntos de muestreo de profundidad de tosca en parcelas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo del cultivo las precipitaciones fueron de 440 mm (gráfico 1), un 21% inferior a la media histórica (555 mm) (CRAGM, s.d.). El crecimiento inicial del cultivo, se vio favorecido por las precipitaciones ocurridas previamente a la siembra.

Hasta enero, si bien existió un balance hídrico negativo, el cultivo no presentó estrés hídrico debido a utilización de reservas de agua del suelo. Hacia fines de enero se presentaron condiciones de estrés, coincidentemente con la etapa crítica para la determinación del rendimiento (R1) (Andrade et al., 2000). Las zonas con menor profundidad de suelo habrían sufrido mayor estrés que las zonas con mayor profundidad.

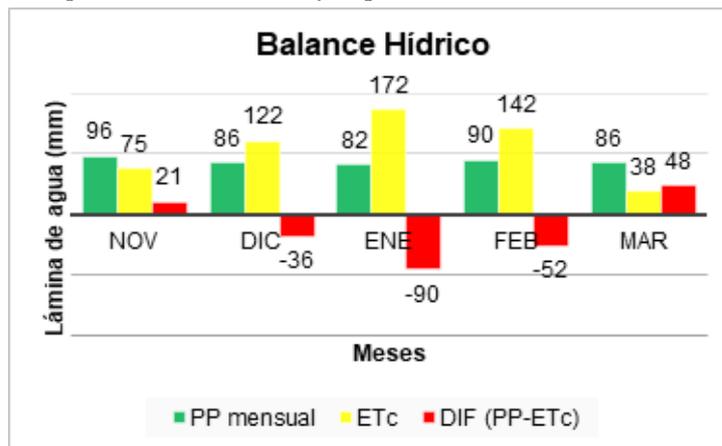


Gráfico 1. Balance hídrico período 2019 - 2020 Est. "La Tacuarita"

La PT mínima determinada fue de 44 cm y la máxima de 131 cm, con lo que se establecieron 10 rangos de profundidades (gráfico 2).

En las tablas 1 y 2 se presentan las correlaciones obtenidas. De los IV evaluados, veintiuno presentaron correlaciones positivas (tabla 1) y seis fueron negativas (tabla 2). Dentro de los primeros, dos tuvieron R mayores a 0,93. Doce presentaron coeficientes comprendidos entre 0,90 y 0,93. Cinco presentaron coeficiente R comprendidos entre 0,70 y 0,89. MCARI y TCARI tuvieron muy bajas correlaciones, entre 0,11 y 0,22 (tabla 1)

Coeficientes de Correlación Positiva			
IV	r	IV	r
Ps SRa ₇₈₃	0.93	IRECI	0.91
CIgreen	0.93	Clrededge ₇₀₅	0.90
Ps SRa ₈₄₀	0.92	NDRE1	0.90
NDVI ₇₈₃	0.92	NDRE2	0.89
GNDVI ₇₈₃	0.92	NDMI	0.86
NDVI ₈₄₂	0.92	Clrededge ₇₄₀	0.81
SAVI ₈₄₂	0.92	MTCI	0.73
OSAVI ₈₄₂	0.92	REP	0.70
OSAVI ₇₈₃	0.92	MCARI	0.22
GNDVI ₈₄₀	0.92	TCARI	0.11
SAVI ₇₈₃	0.91		

Tabla 1. Coeficientes r positivos entre IV y PT

Dentro de los que presentaron correlaciones negativas, MSI presentó alta correlación, con un valor absoluto de 0,86. Dos presentaron correlaciones bajas con valores absolutos comprendidos entre 0,61 y 0,64 y dos presentaron correlación nula con valores absolutos entre 0,36 y 0,40 (tabla 2).

De todos los IV evaluados, cuatro presentaron correlación nula con valores absolutos comprendidos entre 0,11 y 0,40.

Coeficientes de correlación negativa	
IV	r
MCARI/OSAVI ₈₄₂	-0.36
MCARI/OSAVI ₇₈₃	-0.40
TCARI/OSAVI ₈₄₂	-0.61
TCARI/OSAVI ₇₈₃	-0.64
MSI	-0.86

Tabla 2. Coeficientes r negativos entre índices espectrales y profundidad de tosca

El IV PsSRa₇₈₃ fue el que mejor correlacionó con PT ($r=0,934$; tabla 1). Este IV fue desarrollado por (Blackburn, 1998a) para estimar el contenido de clorofila-a a escala de hoja y a nivel de dosel (Blackburn, 1998b). McNairn et al. (2001) informaron la misma conclusión al estimar clorofila-a en maíz. Es un índice simple, fácil de calcular, solo intervienen dos bandas, una longitud de onda en el NIR y otra en el Rojo. Con imágenes provenientes de SENTINEL-2, PsSRa₇₈₃ se obtiene mediante la razón entre las bandas, 7 (783 nm) y 4 (665 nm) (Frampton et al., 2013).

CIgreen, fue el segundo IV con alto valor de correlación ($r=0.932$) Este, presenta alta correlación con el contenido de clorofila y ausencia de efecto de saturación, además estima con precisión el contenido de N (Schlemmer et al., 2013; Clevers y Gitelson, 2013). El CIgreen también es de cálculo sencillo, como el anterior, es un índice simple donde solo intervienen dos bandas, una de longitud de onda NIR y otra Verde. En este trabajo se utilizaron las bandas 7 y 3 de la imagen Sentinel-2 como lo proponen (Gitelson et al., 2003).

En líneas generales, cuando se presentan condiciones de déficit hídrico, temperaturas elevadas y/o luz intensa habrá menor contenido de clorofila y debido al cierre de estomas una disminución en la tasa transpiratoria, limitando además, el proceso de fotosíntesis por disminución en la incorporación de CO₂ a la planta (Taiz y Zeiger, 2002). Este funcionamiento de las plantas podría explicar la mayor sensibilidad manifestada por los índices PsSRa y CIgreen en este trabajo.

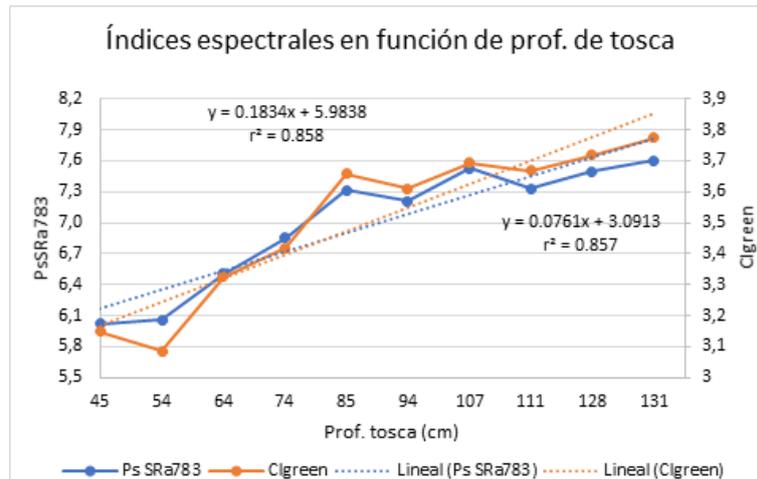


Gráfico 2. Mejores índices espectrales en función de profundidad de tosca

CONCLUSIONES

Los IV PsSRa₇₈₃ y Clgreen, fueron los que mayor grado de asociación tuvieron con la profundidad de tosca. PsSRa₈₄₀, NDVI₇₈₃, GNDVI₇₈₃, NDVI₈₄₂, SAVI₈₄₂, OSAVI₈₄₂, OSAVI₇₈₃, GNDVI₈₄₀, SAVI₇₈₃, IRECI, Clrededge₇₀₅ y NDRE1, presentaron buena asociación con PT. Los IV NDRE2, NDMI, Clrededge740, MTCL, REP y MSI tuvieron menor asociación con PT. La elaboración de mapas a partir de estos índices, se plantea como herramientas promisorias para predecir la profundidad del perfil de suelo en lotes de cultivos de maíz.

Los índices TCARI/OSAVI₈₄₂, TCARI/OSAVI₇₈₃, MCARI, TCARI, MCARI/OSAVI₈₄₂ y MCARI/OSAVI₇₈₃ carecerían de capacidad de predicción de la profundidad del perfil del suelo.

AGRADECIMIENTOS

A César y Diego Quattroccio por su colaboración en todas las etapas del cultivo, sin ellos no se hubiese podido realizar el ensayo. A Federico Bongiorno por la colaboración en el muestreo de tosca.

REFERENCIAS

- Andrade, F.H.; Aguirrazábal, L.A. y Rizzalli, R.H. (2000). Crecimiento y rendimiento comparado. En A. F. Sadras *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja* (V ed., pp. 61-96). Editorial Médica Panamericana S.A.
- Bergamaschi, H.; Dalmago, G.A.; Bergonci, J.I.; Menegassi Bianchi, C.A.; Müller, A.G.; Comiran, F. y Machado Heckler, B.M. (2004). Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(9), 831-839.
- Blackburn, G.A. (1998a). Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: a test using senescent tree leaves. *International Journal of remote sensing*, 19(4), 657-675.
- Blackburn, G.A. (1998b). Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales: an evaluation of some hyperspectral approaches. *Remote Sensing Environment*, 66(3), 273-285.
- Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89(1), 1-16.
- Calviño, P.A. y Sadras, V.O. (1999). Interannual variation in soybean yield: interaction among rainfall, soil depth and crop management. *Field Crops Research*, 63(3), 237-246.
- Clevers, J.G. y Gitelson, A. (2013). Remote estimation of crop and grass chlorophyll and nitrogen content using red-edge bands on Sentinel-2 and -3. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 23, 344-351.
- Cragm. (s.d.). *Boletín Agrometeorológico del Centro Sur de la Provincia de Buenos Aires*. Datos de Azul centro. V. 26, 27, 28, 29. Recuperado de <http://www1.faa.unicen.edu.ar/centro/boletin.php>
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C.W. (2017). *InfoStat*

versión 2017. Córdoba, Córdoba, Argentina.

Forján, H.J. y Manso, M.L. (2016). *Rotaciones y secuencias de cultivo en la región mixta cerealera del centro-sur bonaerense*. INTA. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_importancia_y_manejo.pdf

Frampton, W.J.; Dash, J.; Watmough, G. y James Milton, E.J. (2013). Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 82, 83-92.

Gitelson, A.A.; Viña, A.; Arkebauer, A.; Rundquist, D.C.; Keydan, G. y Leavitt, B. (2003). Remote estimation of leaf index and green leaf biomass in maize canopies. *Geophysical Research Letters*, 30(5), 1248-1251.

Guyot, G. y Baret, F. (1988). Utilisation de la haute resolution spectrale pour suivre l'état des couverts végétaux. *Proceedings, 4th International Colloquium "Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing"* (pp. 279-286). Paris: ESA Publication SP-287.

Hunt, E.R.; Hively, W.D.; Daughtry, C.S.; McCarty, G.W.; Fujikawa, S.J.; Ng, T.L. y Yoel, D.W. (2008). Remote sensing of crop leaf area index using unmanned airborne vehicles. *Proceedings of the Pecora*, 17, 18-20.

Lizaso, J.I.; Batchelor, W.D.; Westgate, M.F. y Echarte, L. (2003). Enhancing the ability of CERES-Maize to compute light capture. *Agricultural Systems*, 76, 293-311.

McNairn, H.; Deguise, J.C.; Pacheco, A. y Shang, J. (2001). Estimation of crop cover and chlorophyll from hyperspectral remote sensing. *23rd Can. Symp. Remote Sensing*.

Nilsson, H. (1995). Remote sensing and image analysis in plant pathology. *Annual review of phytopathology*, 33(1), 489-528.

Ritchie, S.W. y Hanway, J.J. (1982). How a corn plant develops. Spec. Rep. 48. Rev. Iowa State University.

Ross, F. (2012). Determinación espacial de la profundidad de suelo (tosca) y su relación con el rendimiento de cultivo. *Congreso de Valor Agregado en Origen*, 1, pp. 1-3.

Rouse, J.; Haas, R.; Schell, J. y Deerin, D. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA special publication*, 351(1), 309-317.

Schlemmer, M.; Gitelson, A.A.; Schepers, J.S.; Ferguson, R.B.; Peng, Y.; Shanahan, J. y Rundquist, D. (2013). Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leaf and canopy levels. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Publications*, 771(25), 47-54. doi:10.1016/j.jag.2013.04.003

Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos* (XII ed.). Departamento de agricultura de los Estados Unidos.

Taiz, L. y Zeiger, E. (2002). Fisiología del estrés. En *Fisiología Vegetal* (Vol. II). Castelló de la Plana, España: Universitat Jaume I.

UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT PARA LA DETECCIÓN DE CAMBIOS MORFOMÉTRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO SAUCE GRANDE (ARGENTINA)

Andrea Brendel

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Federico Ferrelli

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

María Cintia Piccolo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Gerardo Miguel Eduardo Perillo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS)

RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar la ocurrencia de eventos secos y húmedos y su

impacto sobre la morfometría de los cuerpos de agua localizados en la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). Se analizaron series del Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (2000-2019), procesaron imágenes satelitales Landsat y calcularon índices morfométricos. La variación morfométrica observada en los cuerpos de agua (área, perímetro y longitud máxima) estuvo directamente relacionada a la ocurrencia de sequías y aumento de las precipitaciones. La utilización de imágenes satelitales fue fundamental para evaluar la dinámica espacio-temporal de los cuerpos de agua y constituye una herramienta necesaria para la gestión del recurso hídrico, principalmente durante períodos secos.

Palabras clave: Variabilidad pluviométrica; Cuerpos de agua; Datos ópticos; Índice de sequía y humedad; Región Pampeana

INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua superficiales representan la cobertura de la tierra que más sufre los impactos de la variabilidad pluviométrica. La alternancia de eventos secos y húmedos generan cambios significativos en gran parte de ellos, modificando su caudal, morfometría y servicios ecosistémicos (Palmer et al., 2008). La Región Pampeana presenta numerosos cuerpos de agua. La mayor parte de ellos son someros y el análisis de la morfometría brinda información de los mecanismos de respuesta de los sistemas acuáticos a la variabilidad climática (Williamson et al., 2009). En esta región, la dinámica de los recursos hídricos se relaciona directamente con la intensidad y frecuencia de las precipitaciones (Aliaga et al., 2016). Sin embargo, existen otros factores determinantes de la variación morfométrica, tales como el origen de lago, sus características geomorfológicas, las actividades antrópicas, entre otros (Bohn et al., 2016).

La utilización de imágenes satelitales Landsat ha sido fundamental para conocer los cambios morfométricos de lagos. En la llanura de Jiangnan (China) se estudiaron 51 cuerpos de agua durante el período 1978-2014 (Shi et al., 2017), como así también en el lago Sevan (Armenia) en el período 1973-2015 (Hovsepyan et al., 2019). En la Región Pampeana, esta base de datos fue utilizada para estudiar el comportamiento de seis lagunas ubicadas en un gradiente decreciente de precipitación N-S y sometidas a eventos pluviométricos húmedos y secos (Aliaga et al., 2016), mientras que este mismo tipo de estudio se realizó en la laguna de Puan (SW de la Región Pampeana) (Zunino et al., 2019).

Por lo expuesto, el objetivo de esta investigación fue analizar la intensidad, duración, frecuencia y periodicidad de los eventos secos y húmedos para evaluar su efecto sobre la morfometría del dique Paso de las Piedras y la laguna Sauce Grande, dado que un cambio en ella afecta significativamente las actividades antrópicas de la cuenca hidrográfica donde están localizados.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la cuenca del río Sauce Grande, ubicada al sur de la Región Pampeana (Argentina). A lo largo de su extensión presenta dos cuerpos de agua principales: el dique Paso de Las Piedras y la laguna Sauce Grande (figura 1). El primero, localizado en su cuenca media es el reservorio de agua más importante de la región, dado que abastece de agua potable a más de 500.000 habitantes, como así también es fuente de agua que abastece al polo industrial cercano (Casado, 2013). Por otro lado, la laguna Sauce Grande es de régimen permanente y es el cuerpo de agua más extenso de la cuenca baja. Esta presenta como principal atractivo turístico la pesca deportiva del pejerrey. El clima de la cuenca es subhúmedo húmedo al norte, con una precipitación media anual de 750 mm, mientras que subhúmedo seco al sur (646 mm). Las sequías e inundaciones son frecuentes y generan pérdidas del rendimiento de los cultivos, muerte de ganado, eutrofización de los cuerpos de agua, mortandad de peces, entre otros (Brendel et al., 2018).

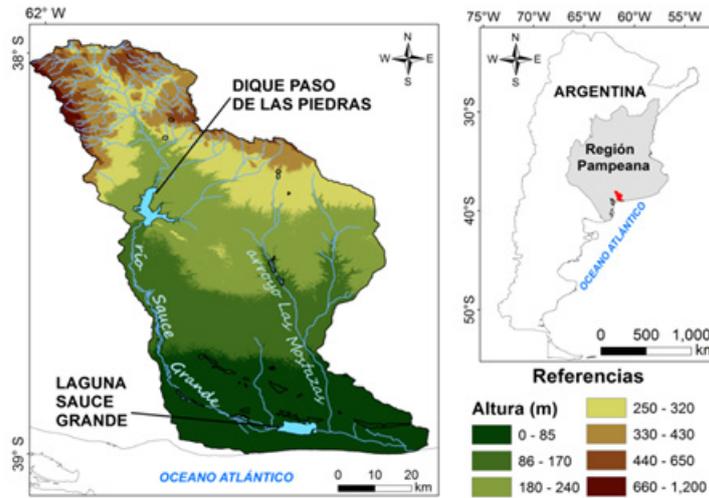


Figura 1. Localización del dique Paso de Las Piedras y la laguna Sauce Grande

MÉTODO DE TRABAJO

El estudio de la duración, intensidad, frecuencia y periodicidad de los eventos secos y húmedos se realizó a partir de la aplicación del Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) a una escala temporal de 1, 3 y 12 meses. Particularmente, la escala anual se relaciona con la descarga de ríos y el volumen de los cuerpos de agua (Vicente Serrano et al., 2010). Según los valores del SPEI, aquellos registros mayores a 0,5 corresponden a eventos húmedos, mientras que los menores a -0,5 a secos (tabla 1). La serie de datos de SPEI fue obtenida del sitio web <http://sac.csic.es/spei/home.html> para el periodo 2000-2019. Se analizaron dos estaciones de SPEI que representaron las condiciones atmosféricas de los dos cuerpos de agua analizados. En el caso del dique Paso de las Piedras (DPP) se analizó el sitio 38° 25'S-61° 75' W, mientras que para la laguna Sauce Grande (LSG) se consideró el ubicado en 38° 75' S - 61° 25' W.

SPEI	Categorías
2,0 o más	Extremadamente húmedo (EH)
1,5 a 1,99	Muy húmedo (MH)
1,0 a 1,49	Moderadamente húmedo (MDH)
0,51 a 0,99	Incipiente humedad (IH)
-0,50 a 0,50	Normal (N)
-0,51 a -0,99	Incipiente sequía (IS)
-1,0 a -1,49	Moderadamente seco (MDS)
-1,5 a -1,99	Muy seco (MS)
-2,0 o menos	Extremadamente seco (ES)

Tabla 1. Categorías del SPEI. Modificado de Vicente Serrano et al. (2010) y Wang et al. (2018)

Para analizar los efectos de la variabilidad pluviométrica sobre la morfometría de los cuerpos de agua, se seleccionaron eventos pluviométricamente diferentes y se calcularon parámetros morfométricos definidos por Hutchinson (1957) (tabla 2). Estos fueron evaluados utilizando tres imágenes satelitales, dos de las cuales fueron Landsat 7 ETM+ y una Landsat 8 OLI-TIRS. Las mismas se descargaron del catálogo de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE, Argentina). Para corregir el error de escaneo de las primeras, se aplicó la técnica de interpolación SCL-OFF (*Scan Line Corrector*, por sus siglas en inglés) (Pringle et al., 2009). Las imágenes corresponden a días despejados y se utilizó la del día 1/2/2008 para analizar la morfometría durante un evento normal, mientras que las pertenecientes al

5/1/2010 y 12/2/2015 para los eventos seco y húmedo, respectivamente. El área de los cuerpos de agua fue calculada a partir del Índice de Diferencia Normalizada de Agua (NDWI, por sus siglas en inglés) (McFeeters, 1996).

Parámetros	Unidad de medición
Área	km ²
Perímetro	Km
Longitud máxima total (LMT)	Km
Orientación de la LMT	Puntos cardinales
Ancho máximo (Amax)	km
Ancho medio (Amed)	km
Desarrollo de línea de costa (DLC)	Adimensional

Tabla 2. Índices morfométricos aplicados. Modificado de Hutchinson (1957)

RESULTADOS

Análisis de la variabilidad pluviométrica

El número de eventos secos, húmedos y normales y su comportamiento interanual se presenta en la figura 2. Durante el período 2000-2019, el número de años secos (11) fue más frecuente que los húmedos en la laguna Sauce Grande (LSG) (9), mientras que si bien en el dique Paso de Las Piedras (DPP) los húmedos fueron más representativos, la diferencia fue escasa (5 y 4, respectivamente). Los eventos normales fueron seis en el DPP y cinco en la LSG (figura 2). Se registraron dos eventos moderadamente húmedos (i.e., 2004) y muy húmedos (i.e., 2002 y 2014) en ambos cuerpos de agua (figura 2b). No ocurrieron los extremadamente húmedos ni de incipiente humedad en la LSG (figura 2). Los períodos húmedos presentaron mayor duración en la LSG que en el DPP (11,3 y 9,8 meses, respectivamente) pero fueron menos intensos sobre la laguna (SPEI = 1,44) que en el DPP (SPEI = 1,55). A su vez, la periodicidad fue mayor en el DPP (3,3 vs 2,5 años).

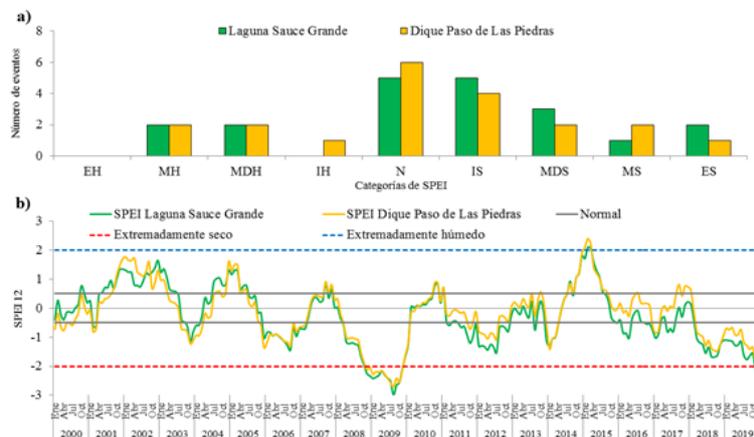


Figura 2. a) Número de eventos según las categorías del SPEI y b) comportamiento interanual del SPEI durante el período 2000-2019

Los dos cuerpos de agua estuvieron sometidos a eventos secos de todas las intensidades del SPEI. Se destaca la LSG por contabilizar dos extremadamente secos (2008 y 2019), mientras que en el DPP se evidenció solo uno (2008), dado que 2019 fue caracterizado como muy seco (figura 2b). El año 2009 se clasificó como muy seco en las dos estaciones analizadas (SPEI = -1,66). La intensidad de los eventos secos fue mayor sobre la LSG (valor medio de SPEI = -1,17) y también se registró la misma tendencia en la duración (10,9 en la LSG y 8,8 meses en el DPP). La periodicidad fue similar en los dos cuerpos de agua (2,85 años).

Análisis de los cambios morfométricos y su relación con la variabilidad pluviométrica

Los parámetros morfométricos de la LSG y el DPP durante un evento normal (2007), seco (2009) y húmedo (2014) se presentan en la tabla 3. Durante el evento seco, el área de la LSG se redujo 13,3%, mientras que en el DPP un 35% en relación con la observada durante un evento normal. Por otro lado, en el evento húmedo, la extensión areal del DPP se incrementó un 19%, mientras que en la laguna un 1,6% (tabla 3, figura 3). El perímetro se modificó de acuerdo a la ocurrencia de los diferentes montos de precipitación. Su variación fue mayor en el DPP durante el evento húmedo (2014) debido al aumento de la sinuosidad de sus costas (tabla 3).

Parámetros Morfométricos	2007		2009		2014	
	LSG	DPP	LSG	DPP	LSG	DPP
Área (km ²)	18,9	27,3	16,4	17,8	19,2	32,5
Perímetro (km)	22,1	51,3	21,2	37,7	22,4	59,3
Longitud Máxima Total (LMT) (km)	7,7	10,7	7,5	8,4	8,4	11,2
Orientación de la LMT	SW-NE	N-S	SW-NE	N-S	SW-NE	N-S
Ancho Máximo (km)	3,1	8,4	3,1	6,7	3,5	9,3
Ancho Medio (km)	2,4	2,5	2,2	2,1	2,3	2,9
Desarrollo de línea de costa (DLC)	1,4	2,8	1,5	2,5	1,4	2,9

Tabla 3. Parámetros morfométricos de la laguna Sauce Grande (LSG) y el dique Paso de Las Piedras (DPP) durante un evento normal (2007), seco (2009) y húmedo (2014)

En la LSG también se observó esta tendencia pero con una menor variación. La LMT fue mayor en ambos cuerpos de agua durante el período húmedo (tabla 3). Sin embargo, en el DPP este parámetro fue más fluctuante dado que, durante el evento seco, alcanzó 8,4 km, mientras que en la laguna fue 7,5 km. La orientación de la LMT no presentó cambios a pesar de las variaciones pluviométricas. Por otro lado, no se observaron cambios notables en el DLC, lo que demuestra que a pesar de las fluctuaciones pluviométricas, la LSG siempre presentó una forma elíptica, mientras que el DPP se clasificó como subrectangular elongado (tabla 3).

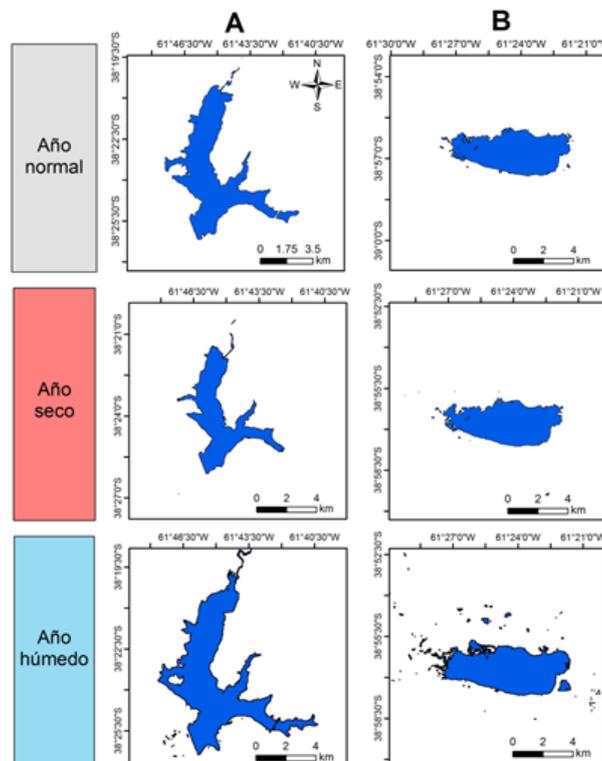


Figura 3. Área del dique Paso de Las Piedras (A) y de la laguna Sauce Grande (B) durante un evento normal, seco y húmedo

CONCLUSIÓN

Las áreas de influencia de la laguna Sauce Grande y del dique Paso de Las Piedras presentaron una alternancia importante de eventos secos y húmedos. La duración de los eventos húmedos fue mayor en la LSG, pero de menor intensidad que en el DPP, mientras que la periodicidad fue superior en este último. Los eventos secos fueron más intensos y de mayor duración en la LSG. Como se esperaba, la variabilidad pluviométrica generó cambios en la morfometría de los dos cuerpos de agua analizados y sus impactos fueron más significativos sobre el área, el perímetro y la longitud máxima total de estos.

Por lo tanto, se confirma que el procesamiento de imágenes satelitales Landsat es fundamental para analizar la variación morfométrica y entender la dinámica espacial y temporal de estos cuerpos de agua. Los resultados obtenidos representan información fundamental para el diseño de planes de manejo del recurso hídrico, principalmente durante períodos de extensas sequías.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del CONICET y la Universidad Nacional del Sur para la realización del estudio. Se agradece también a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y a la Bolsa de Cereales de Bahía Blanca por los datos cedidos.

REFERENCIAS

- Aliaga, V.S.; Ferrelli, F.; Bohn, V.Y. y Piccolo, M.C. (2016). Utilización de imágenes satelitales para comprender la dinámica lagunar en la Región Pampeana. *Revista de Teledetección*, 46, 133-146.
- Bohn, V.Y.; Delgado, A.L.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. (2016). Assessment of climate variability and land use effect on shallow lakes in temperate plains of Argentina. *Environmental Earth Sciences*, 75(9), 818.
- Brendel, A.S.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. (2018). Análisis multitemporal de la cobertura de agua de la laguna Sauce Grande y su relación con la variabilidad pluviométrica. *XII Bienal del Coloquio Transformaciones Territoriales. Asociación de Universidades Grupo Montevideo*, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, 928-936.
- Casado, A. (2013). *Human impacts and fluvial metamorphosis: the effects of flow regulation on the hydrology, morphology and water temperature of the Sauce Grande River, Argentina*. Tesis de Doctor en Geografía, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Argentina, 375 p.
- Hovsepyan, A.; Tepanosyan, G.; Muradyan, V.; Asmaryan, S.; Medvedev, A. y Koshkarev, A. (2019). Lake Sevan Shoreline Change Assessment Using Multi-Temporal Landsat Images. *Geography, environment, sustainability*, 12(4), 212-229.
- Hutchhinson, G.E. (1957). *A treatise on Limnology I. Geography, Physics and Chemistry*. John Wiley and Sons Inc. New York, 1, 1011.
- McFeeters, S.K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.
- Palmer, M.A.; Reidy Liermann, C.A.; Nilsson, C.; Flörke, M.; Alcamo, J.; Lake, P.S. y Bond, N. (2008). Climate change and the world's river basins: anticipating management options. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(2), 81-89.
- Pringle, M.J.; Schmidt, M. y Muir, J.S. (2009). Geostatistical interpolation of SLC-off Landsat ETM+ images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(6), 654-664.
- Shi, Y.; Feng, L. y Gong, J. (2017). Four decades of the morphological dynamics of the lakes in the Jianghan Plain using Landsat observations. *Water and Environment Journal*, 31(3), 353-359.
- Vicente-Serano, S.M.; Beguería, S. y López-Moreno, J.I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of climate*, 23(7), 1696-1718.
- Wang, Y.; Zhang, T.; Chen, X.; Li, J. y Feng, P. (2018). Spatial and temporal characteristics of droughts in Luanhe River basin, China. *Theoretical and applied climatology*, 131(3-4), 1369-1385.

Williamson, C.E.; Saros, J.E.; Vincent, W.F. y Smol, J.P. (2009). Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. *Limnology and Oceanography*, 54(6part2), 2273-2282.

Zunino, J.; Ferrelli, F. y Piccolo, M.C. (2019). Cambios morfométricos en una laguna pampeana (Argentina) como consecuencia de la variabilidad pluviométrica (1960-2015) y sus posibles efectos sobre la comunidad ictica. *Geociências (São Paulo)*, 37(4), 835-847.

AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL CON RSTUDIO DE LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN LAS FRACCIONES CENSALES DE LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA (2010)

Juan Pablo Celemin

IGEHCS (CONICET- FCH - UNCPBA)

María Eugenia Arias

IGEHCS (CONICET- FCH - UNCPBA)

Palabras clave: Autocorrelación espacial; Recolección de residuos; Mar del Plata; RStudio

INTRODUCCIÓN

En la Argentina el 91% de las personas reside en ciudades y los residuos constituyen el principal problema ambiental que enfrentan cotidianamente las ciudades. Su recolección y disposición final es una discusión recurrente a nivel mundial. La relevancia de este problema ambiental necesita de herramientas y mediciones para conocer su situación a escala urbana en todas las ciudades del país. Es por ello que en los últimos dos censos nacionales (2001 y 2010) se ha relevado la variable con la siguiente pregunta: ¿Hay servicio regular de recolección de residuos (al menos dos veces por semana)? Esta variable se encuentra en el cuestionario censal ampliado, es decir que no se realiza esta indagación en todos los hogares, sino en uno solo correspondiente al segmento censal relevado por un censista. La variable, conjuntamente con otras, es necesaria para evaluar la calidad habitacional de los hogares; es la que refiere a las características del entorno en el que viven y es el insumo principal del presente trabajo.

Este esfuerzo para obtener información a partir de censos es particularmente destacable ya que el relevamiento de la información ambiental se encuentra relegada en relación a otras variables socioeconómicas. Esto se debe a que las variables ambientales poseen escalas de análisis y características diferenciales respecto de las sociales, además de tener fuentes de información más dispersas dificultando, entonces, la tarea de compatibilizar la información ambiental con la socioeconómica. En muchos casos, las fuentes de información, y en particular los datos de tipo ambiental, no existen o están dispersos, o no son comparables o accesibles, de manera que sería necesario establecer nuevos sistemas de información ambiental que permitan obtener una mirada más compleja y abarcadora del fenómeno permitiendo interpretar, e incluso visualizar, las tendencias en la producción urbana y sus posibles impactos socioambientales (Carballo, 2005).

Aunque el problema de los residuos sólidos municipales ha sido identificado desde hace varias décadas, especialmente en las áreas metropolitanas, las soluciones parciales que hasta ahora se han logrado no abarcan a todos los países de la región ni a la mayoría de las ciudades intermedias y menores, y se convierte en un tema político permanente que en la mayoría de los casos genera conflictos sociales (Acurio et al., 1997, p. 10).

La realidad urbana demuestra que en la generación de residuos se encuentra uno de sus problemas más acuciantes. Para América Latina y el Caribe el adecuado manejo de sus servicios de recolección, transporte, tratamiento y disposición de los residuos sólidos sigue siendo un objetivo prioritario que debe ser complementado con programas de reducción de residuos generados, así como de reutilización y reciclaje de residuos desechados. La tasa promedio de recolección de residuos en grandes ciudades es 89%, y desciende a entre 50% y 70% en ciudades intermedias y pequeñas. Este servicio es en general responsabilidad de las municipalidades, que lo pagan con sus propios fondos.

Las regiones metropolitanas y las grandes ciudades resuelven sus problemas de recolección de residuos aplicando cada vez con mayor frecuencia las concesiones y los contratos con el sector privado, organizando en ocasiones este servicio a través de empresas públicas que abarcan varias jurisdicciones locales. Las ciudades pequeñas y medianas tienden a utilizar formas de administración de tipo municipal (Otero, 1997).

Una de las maneras de estudiar el estado de la recolección de residuos en el interior de las ciudades es por medio del análisis espacial, más específicamente utilizando la técnica conocida como autocorrelación espacial. La utilidad de la autocorrelación espacial se encuentra en su capacidad para estudiar la forma en que un fenómeno se propaga a través de las unidades espaciales y si tal comportamiento corresponde a algún modelo de difusión conocido o bien para estudiar la segregación espacial de alguna característica. En definitiva, refleja el grado en que objetos o actividades en una unidad geográfica son similares a los objetos o actividades en unidades geográficas próximas (Vilalta y Perdomo, 2005, p. 326).

El concepto de autocorrelación espacial parte del principio de Tobler que plantea que en el espacio geográfico todo se encuentra relacionado con todo, pero los espacios más cercanos están más relacionados entre sí. Por lo tanto, se intenta medir la correlación que una misma variable tiene en diferentes unidades espaciales contiguas en una perspectiva horizontal dando lugar a una de estas tres posibilidades:

- » Autocorrelación espacial positiva: las unidades espaciales vecinas presentan valores próximos. Indica una tendencia al agrupamiento de las unidades espaciales.
- » Autocorrelación espacial negativa: las unidades espaciales vecinas presentan valores muy disímiles. Indica una tendencia a la dispersión de las unidades espaciales.
- » Sin autocorrelación: no ocurre ninguna de las dos situaciones anteriores. Por lo tanto, los valores de las unidades espaciales vecinas presentan valores producidos en forma aleatoria.

El índice I de Moran es el cálculo más antiguo -data de 1950- y típico que se utiliza para la detección y medición de la autocorrelación espacial comparando los valores de cada localización con los valores de las localizaciones vecinas. Los resultados de este índice varían del -1 al 1 representando las mayores correlaciones mínimas (máxima dispersión) y máximas (máxima concentración) respectivamente y donde el cero significa un patrón espacial totalmente aleatorio. Para definir si una autocorrelación espacial es significativa se realiza un test de hipótesis nula, y así poder comprobar si la configuración espacial de la variable se produce aleatoriamente, es decir si se cumplen o no los supuestos del modelo a partir de estimar si un estadístico muestral difiere significativamente de lo esperado aleatoriamente.

Esta prueba se efectúa al ubicar el coeficiente de Moran dentro de una curva normal de probabilidades (Vilalta y Perdomo, 2005; Buzai y Baxendale, 2006). Al realizar este tipo de test en el campo del análisis socioespacial, inicialmente hay que definir la hipótesis nula que responde a la afirmación la configuración espacial se produce de manera aleatoria, y la alternativa la configuración espacial no se produce de manera aleatoria.

Además, se puede profundizar en este método por medio de la descomposición del valor global (I de Moran) y conocer cómo contribuye cada unidad espacial en la formación del mismo (LISA, en inglés), y que permite obtener un mapa llamado *cluster* o de agrupamiento, donde cada unidad espacial se diferencia de acuerdo al tipo de autocorrelación espacial que posee en relación a sus unidades espaciales vecinas (alto-alto; bajo-bajo; alto-bajo y bajo-alto). Esas cuatro posibilidades también son visualizadas en el Plot con los valores de I de Moran para cada unidad espacial (figura 1). En este caso se realizó un análisis univariado para la variable en cuestión.

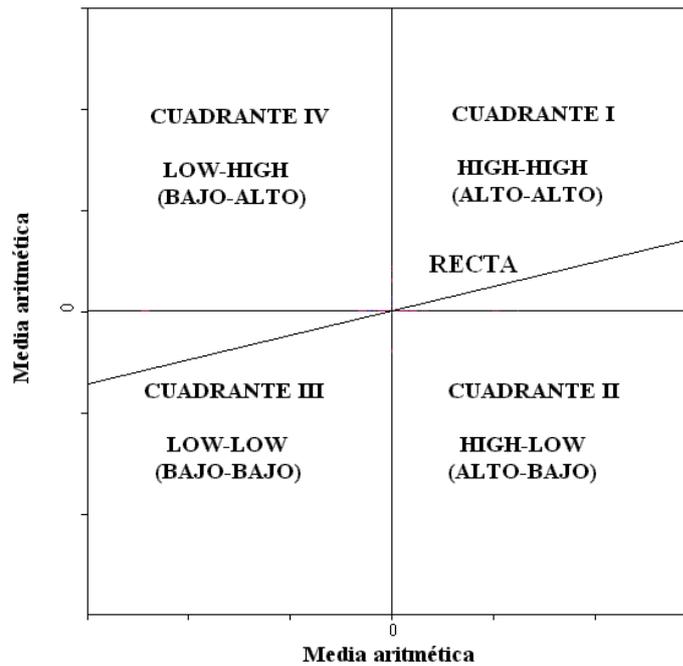


Figura 1. Plot de la I de Moran de las unidades espaciales
Fuente: elaboración personal

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene dos finalidades:

- ≈ Obtener el índice I de Moran global y valores locales para la ciudad de Mar del Plata por medio del *software* RStudio para la recolección de residuos a escala de fracción censal (78 unidades espaciales).
- ≈ Realizar una breve interpretación de los resultados de la recolección de residuos en la ciudad a partir de la interpretación de los datos de salida del RStudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La variable ¿Hay servicio regular de recolección de residuos (al menos dos veces por semana)? proveniente del Censo Nacional de Población, Vivienda y Hogares del año 2010, se obtuvo a través del programa REDATAM (Recuperación de Datos para Áreas pequeñas por Microcomputador). El mismo es un sistema computacional amigable e interactivo que facilita el procesamiento, análisis y diseminación web de la información de censos, encuestas, registros administrativos, indicadores nacionales/regionales y otras fuentes de datos. En este caso, para conocer las fracciones con los valores más bajos se obtuvo la tabla con los porcentajes de NO recolección de residuos (al menos dos veces por semana).

RStudio es un entorno de desarrollo integrado para el lenguaje de programación R, dedicado a la computación estadística, gráficos y mapas. Es particularmente útil cuando se trabaja con grandes bases de datos. Entre sus múltiples funcionalidades se encuentra la de estimar el índice I de Moran sin la necesidad de utilizar un Sistema de Información Geográfica (SIG). Además, se contrastó el valor global con otro programa (GeoDa) para ver si existen diferencias.

RESULTADOS

Inicialmente se obtuvo el mapa con el porcentaje de recolección de residuos para la ciudad (figura 2). En el mismo se observa la típica conformación espacial de las ciudades argentinas y de América Latina en donde una variable (socioeconómica o ambiental) tiene

un comportamiento negativo desde el centro y hacia la periferia de la localidad. Por lo tanto, en este caso, la recolección de residuos tiende a disminuir desde el centro hacia la periferia de Mar del Plata.

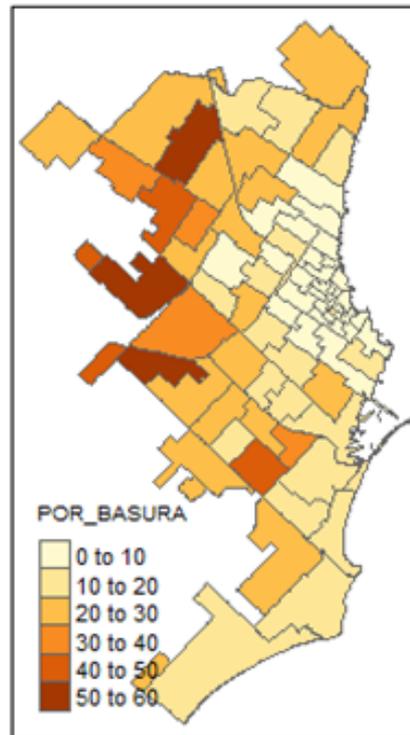


Figura 2. Porcentaje de NO recolección de residuos en la ciudad de Mar del Plata, 2010
Fuente: elaboración personal con RStudio

La aplicación de la autocorrelación univariada de la variable en cuestión a través del índice I de Moran en RStudio arroja el siguiente resultado:

Moran I statistic	Expectation	Variance
0.692107469	-0.012987013	0.004906428

El mismo es la pendiente de regresión del siguiente gráfico en el que se distribuyen la totalidad de las unidades espaciales (figura 3). En el eje x se localizan los valores estandarizados de cada fracción censal, y en el eje y los valores estandarizados de los promedios de los vecinos de cada fracción censal. Una interpretación visual simple muestra que la mayoría se localiza en los cuadrantes alto-alto y bajo-bajo.

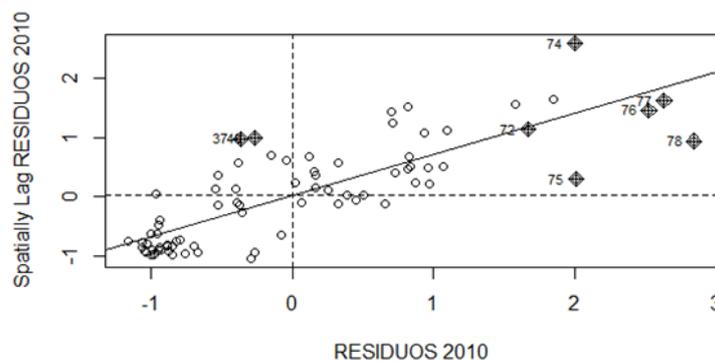


Figura 3. Plot de la autocorrelación espacial para las fracciones censales y el promedio de los vecinos para la variable Porcentaje de NO recolección de residuos en la ciudad de Mar del Plata, 2010
Fuente: elaboración personal con RStudio

A modo de corroborar el resultado también se obtuvo el mismo gráfico a través del programa GeoDa, que, como se observa, posee la misma pendiente positiva, además de igual distribución de las fracciones censales, con el valor del I de Moran ubicado en la parte superior (figura 4).

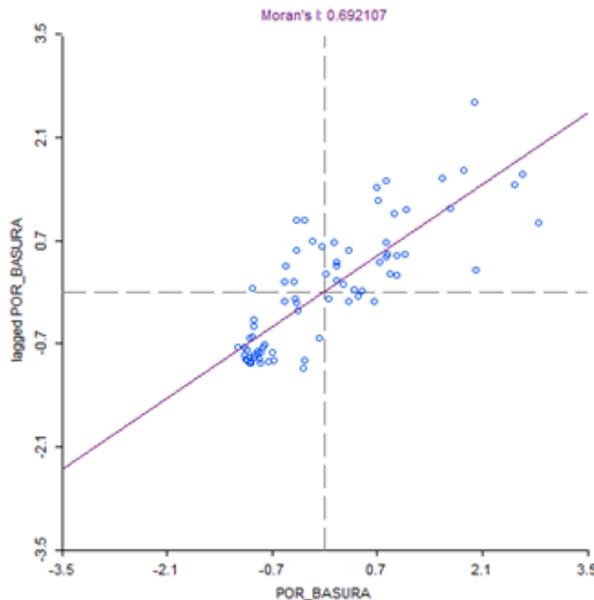


Figura 4. Plot para la variable Porcentaje de NO recolección de residuos en la ciudad de Mar del Plata obtenido con el GeoDA, 2010

Fuente: elaboración personal con GeoDA

Para evaluar si la pendiente es significativamente diferente de cero, se pueden permutar aleatoriamente los valores de recolección de residuos en todas las fracciones (es decir, no estamos imponiendo ninguna estructura de autocorrelación espacial) y luego ajustar un modelo de regresión a cada conjunto de valores permutados. Los valores de la pendiente de la regresión nos dan la distribución de los valores I de Moran que podríamos esperar obtener bajo la hipótesis nula de que los valores de recolección de residuos se distribuyen aleatoriamente entre las fracciones censales.

Para probar la significancia se puede recurrir al método de simulación Monte Carlo:

Monte-Carlo simulation of Moran I

data: fraccion\$POR_BASURA

weights: rswm_q

number of simulations + 1: 600

statistic = **0.69211**, observed rank = 600, p-value = **0.001667**

alternative hypothesis: greater

A partir de 600 simulaciones, se obtiene un p-valor de 0.001667 y se desecha la hipótesis nula y se acepta la alternativa en la cual los valores no se distribuyen de manera aleatoria y, por lo tanto, hay autocorrelación espacial. El p-valor sugiere que existe una pequeña posibilidad de estar equivocado al afirmar que los valores de ingresos no están agrupados a nivel de fracción censal.

CONSIDERACIONES FINALES

La gestión de los residuos sólidos urbanos es un tema sensible para la sociedad en la medida que representa un servicio indispensable para la población dadas sus repercusiones en la salud pública, pero a la vez es considerado un objeto de rechazo. Los gobiernos locales enfrentan día

a día crecientes desafíos para atender a la diversidad de problemáticas urbanas cada vez más complejas que caracterizan a las ciudades actuales.

El uso de herramientas como el RStudio y procedimientos como la autocorrelación son de gran utilidad para obtener y presentar variables socioambientales en mapas temáticos, lo cual facilita el análisis de las diferenciaciones espaciales. Así, para el presente trabajo que los porcentajes de recolección de residuos disminuyen progresivamente desde el centro hacia la periferia de la localidad y que hay una alta autocorrelación espacial (0.69) de la variable en cuestión. Los porcentajes más altos se agrupan en el centro de la ciudad y zonas adyacentes, mientras que los más bajos se encuentran en la mayor parte de la periferia de la localidad. Los tomadores de decisiones deberían focalizarse en este último sector donde el servicio parece ser más escaso con la finalidad de mejorar las condiciones de vida de los vecinos.

A futuro queda por explorar la desagregación del valor global de I de Moran a partir de los aportes locales de cada unidad espacial para poder obtener el mapa *cluster* o de agrupamientos. También, es para destacar que por el momento el Rstudio no puede realizar análisis bivariado, función que sí existe en otro programa similar denominado PySAL basado en código Python. Asimismo, también sería interesante que la variable analizada esté disponible a escala de radio censal, ya que aporta un grado mayor de desagregación territorial, tal como ocurrió con el Censo Nacional de 2001.

REFERENCIAS

- Acurio, G.; Rossin, A.; Teixeira, P.F. y Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Washington: Inter-American Development Bank.
- Buzai, G.D. y Baxendale, C.A. (2006). *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Carballo, C. (2005). Espacio verde y ciudad. En G. Velázquez y S. Gómez Lende (comps.) *Desigualdad y Calidad de Vida en la Argentina (1991-2001). Aportes empíricos y metodológicos* (pp. 181-198). Tandil: Editorial REUN.
- Otero, F. (1997). Un proceso dinámico de mejoramiento continuo. Hacia una actitud responsable. En H. Durán de la Fuente (comp.) *Gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos. Un enfoque de política integral*. Santiago: CEPAL/GTZ.
- Vilalta y Perdomo, C.J. (2005). Cómo enseñar autocorrelación espacial. *Economía Sociedad y Territorio*. V(18), 323-333.

GEOGRAFÍA FÍSICA APLICADA, RIESGO Y MODELIZACIÓN MEDIANTE TIG: ANÁLISIS DE ESCENARIOS PARA LA CUENCA URBANA DE LA CIUDAD DE TANDIL, BUENOS AIRES, ARGENTINA

María Lorena La Macchia
CIG-IGEHCS-CONICET-UNCPBA

Palabras clave: Geografía física aplicada; Gestión del riesgo; Modelización; TIG; Cuenca urbana

RESUMEN EXTENDIDO

El estudio y dinámica del espacio urbano conlleva a pensar en procesos que acontecen en el territorio y generan impactos en la configuración y desarrollo de las ciudades. Estos procesos, cuyas interrelaciones constituyen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada, redefinen la dialéctica sociedad-naturaleza de un sistema complejo.

La complejidad, en términos de Rolando García (2006), está asociada con la imposibilidad de considerar aspectos sectoriales y particulares de un fenómeno o proceso a partir de una disciplina específica. Por eso hablamos de una realidad compleja, en la cual, sus elementos (subsistemas) no son separables y no pueden ser estudiados aisladamente. Es decir, se necesita

del diálogo e integración de diferentes enfoques para trabajar una problemática.

La resiliencia y capacidad de adaptación de los ecosistemas urbanos a la amenaza (peligrosidad) y vulnerabilidad (exposición) indican que una visión integral de la gestión del riesgo es fundamental para pensar en la construcción y el desarrollo de ciudades sostenibles.

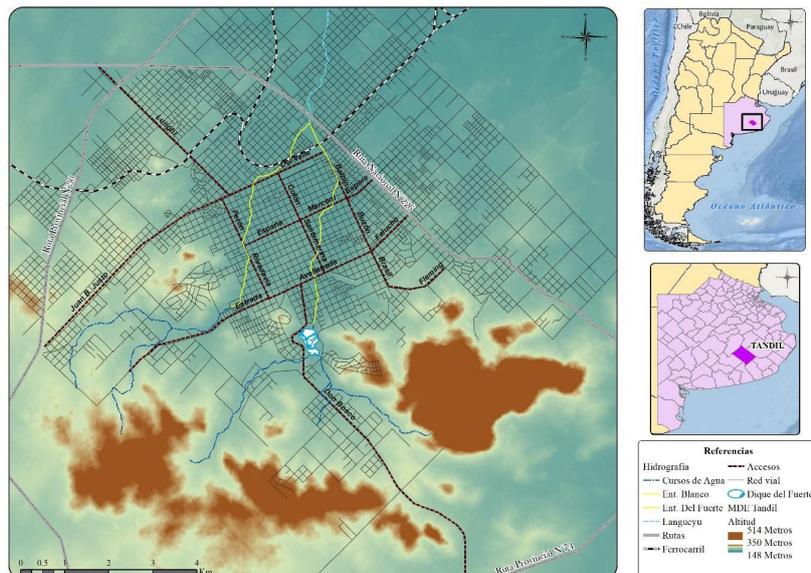
Esta propuesta pretende ser una guía para entender el riesgo en las ciudades medias para la gestión de inundaciones en cuencas urbanas. Ello supone la consideración del conjunto de elementos que intervienen en la configuración y dinámica del territorio; procesos físico-naturales, sociales, económicos y políticos asociados, cuyas interrelaciones e interacciones definen y redefinen la totalidad del sistema.

Esta perspectiva de estudio y análisis se enmarca desde una Geografía física aplicada que según Campos (2015) parte de una forma de investigación integrada e interdisciplinaria sobre problemas ambientales que se ocasionan por las actividades productivas y de desarrollo a diferentes escalas espacio temporales sometidas a distintos grados de alteración ejercida por el entorno socioeconómico y cultural.

En este trabajo se reflexionará cómo el proceso de urbanización y expansión urbana, la planificación y modificación de usos del suelo y el desarrollo de infraestructura impactan en el ecosistema urbano mediante el desarrollo de conflictos y problemas socioambientales.

En las últimas décadas, los procesos de ocupación y transformación del espacio nos permiten entender el modelo de desarrollo existente en las áreas urbanas y la falta de una lógica coherente con las premisas del desarrollo sustentable sobre todo para explicar el problema de las inundaciones. Conceptos clave como el de justicia espacial, equidad, capacidad de carga y valoración ecosistémica del paisaje urbano se encuentran sujetos a intereses y actores que definen políticas públicas en pos de costos ambientales como la densificación urbana no planificada, urbanización en áreas de protección natural o paisajística y reducción de áreas verdes que impactan decisivamente en la alteración del sistema hidrológico e hidráulico modificando el drenaje superficial y subsuperficial y derivando en la construcción de obras de infraestructura, rellenos, canalizaciones y entubados no proyectados.

El área de estudio de este trabajo es la cuenca urbana del arroyo Languedy que atraviesa la circunscripción I del partido ciudad de Tandil, ubicada al SE de la provincia de Buenos Aires, Argentina. La cuenca esta subdividida en dos subcuencas: la del Arroyo Blanco, a su margen izquierda y la del Arroyo Del Fuerte a su margen derecha y ambos confluyen en el Arroyo Languedy que continúa su recorrido en dirección noreste hacia la depresión del río Salado.



Mapa 1. Área de estudio

Fuente: elaboración personal a partir de ArcGIS 10.2

La cuenca de estudio alcanza un área de 76 km² y en toda su extensión (superficie aproximada de 600 km²) presenta tres unidades morfológicas principales (Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005) que por sus características particulares determinarían distintas dinámicas de recarga (Barranquero et al., 2011):

- » Sector de serranías: caracterizado por la presencia de sierras, cerros aislados y valles. En este sector los valles de los cursos de agua están bien definidos.
- » Sector de Piedemonte: el mismo se localiza en continuidad con el primer sector, tiene pendientes más suaves que este último y ciertas depresiones aisladas que interrumpen la regularidad del relieve. Presenta una red de drenaje bien definida y con diseño distributivo.
- » Sector de llanura: se caracteriza por la presencia de pendientes muy suaves. El drenaje poco definido y pobremente integrado muestra cauces estrechos, cursos temporarios y depresiones aisladas (Fidalgo et al., 1975).

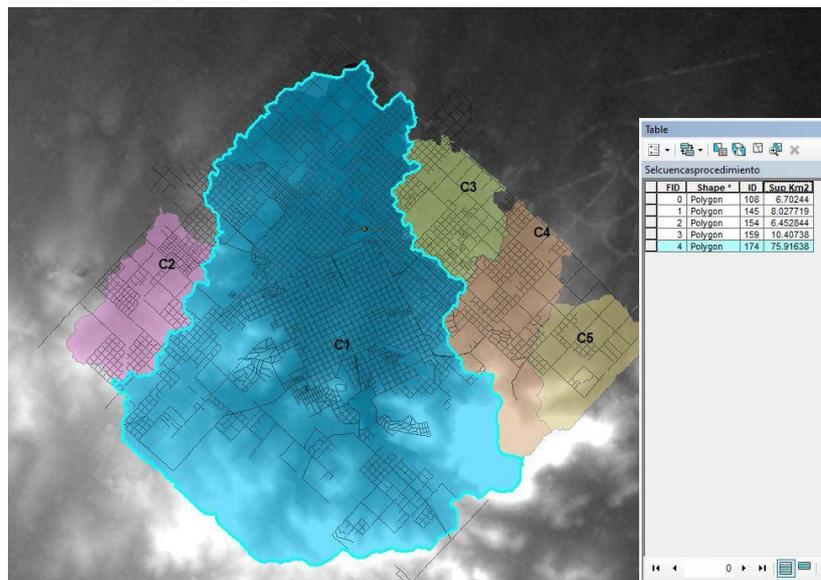


Figura 1. Superficie de la cuenca de estudio dentro de la Circunscripción I. Ciudad de Tandil
Fuente: elaboración personal

A lo largo de su historia, la localidad ha sufrido eventos hidrometeorológicos de gran magnitud e intensidad que provocaron inundaciones y anegamientos determinando el desarrollo de medidas estructurales.

Los antecedentes de la inundación de 1951 que afectaron a gran parte del área urbana y suburbana de la ciudad, derivaron en la construcción del Dique del Fuerte en el año 1958. El regulador de crecidas fue inaugurado en 1962 conformando el Lago del Fuerte. Los eventos extremos del año 1980 garantizaron la factibilidad de su funcionamiento.

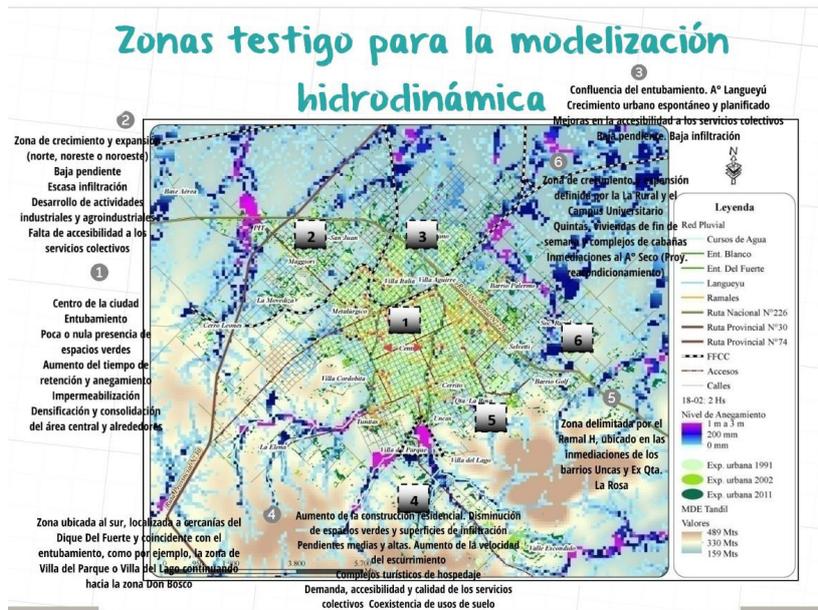
Entre las décadas de 1970 y 1980 se llevaron adelante los entubamientos de los arroyos Blanco y Del Fuerte, ambos colectores que dan origen al Arroyo Langueyú. Si bien las dos obras hidráulicas contribuyeron a paliar los impactos generados por la intensidad y duración de las precipitaciones, permitiendo que la población se asiente sobre ellos; el gran crecimiento urbano posterior, la demanda de infraestructura y la falta de políticas públicas que garanticen el buen funcionamiento de los pluviales conllevaron a una disminución de la capacidad de retención, captación y drenaje natural del escurrimiento superficial. Asimismo la planificación de usos de suelo residencial y no residencial, la disminución de espacios verdes, de superficies de infiltración y el desarrollo de actividades productivas, resultado de la especulación inmobiliaria y el turismo, constituyen elementos dentro del sistema que explican la detección de zonas inundables y anegamientos aguas arriba y aguas abajo de la ciudad.

La lógica financiera promovida por agentes que producen y consumen el espacio sin un acompañamiento de políticas de planificación y ordenamiento territorial adecuadas impacta

en la dialéctica sociedad-naturaleza transformando el subsistema natural en un medio dominado por la técnica y la tecnología.

La metodología de este trabajo y los escenarios de aplicación partirán de la construcción de un modelo hidrológico e hidráulico para simular el escurrimiento y drenaje superficial en áreas testigo (La Macchia, 2015) de la cuenca urbana de la ciudad de Tandil detectando áreas inundables y anegadas durante y después del transcurso de un evento extremo.

El modelo hidrológico quedará definido a partir de un MDE de 12,5 metros, donde la topografía del terreno tendrá sus propios parámetros para la simulación del proceso de escorrentía superficial, teniendo en cuenta variables hidrológicas, físicas y urbanas.



Mapa 2. Resultados de las áreas con peligro de anegamiento. Circunscripción I. Ciudad de Tandil
Fuente: La Macchia (2015)

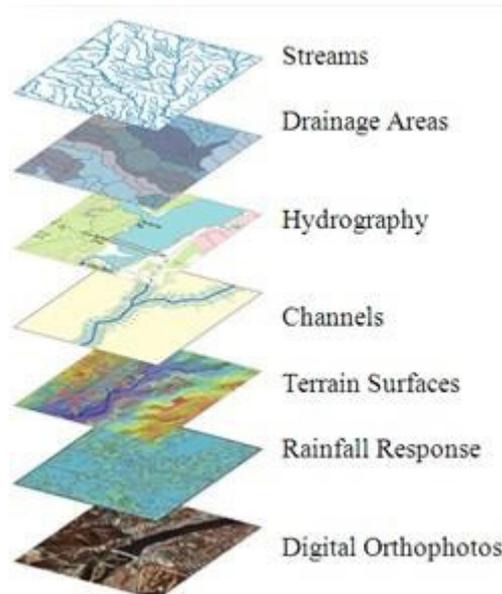


Figura 2. Datos de entrada para la confección del modelo
Fuente: Arc Hydro: GIS for Water Resources

Por su parte, el modelo hidráulico se construirá en base a la red de drenaje, la infraestructura pluvial y las obras hidráulicas existentes en la topografía natural del terreno. Los eventos a simular dependerán en gran medida de las preguntas que se planteen en los resultados de cada

escenario. Asimismo, el comportamiento del modelo variará de acuerdo a la modificación de los parámetros de intensidad, duración y frecuencia de las lluvias de los eventos reales. De esta manera, ambos modelos se integrarán en un modelado hidrodinámico simulado en HEC-RAS para luego cuantificar el riesgo mediante la escala de riesgo técnico de inundaciones (AEMI, 2013) y analizar los escenarios postprocesamiento en Arc-GIS.

La guía para la gestión del riesgo de AEMI parte de una escala técnica establecida a partir del comportamiento del flujo de manera singular, es decir, análisis de mapas de profundidad y velocidad, para luego cuantificar el riesgo mediante el producto cartográfico entre ambos parámetros obteniendo una medida de riesgo: alto, medio o bajo según corresponda. Si bien la guía conjuga ambos mapas en curvas de mayor o menor vulnerabilidad y determina grados de peligro y afectación en lo urbano, en este trabajo, solo se realizará un primer análisis sobre los resultados del producto de los mapas de $D \times V$ (*depth por velocity*)

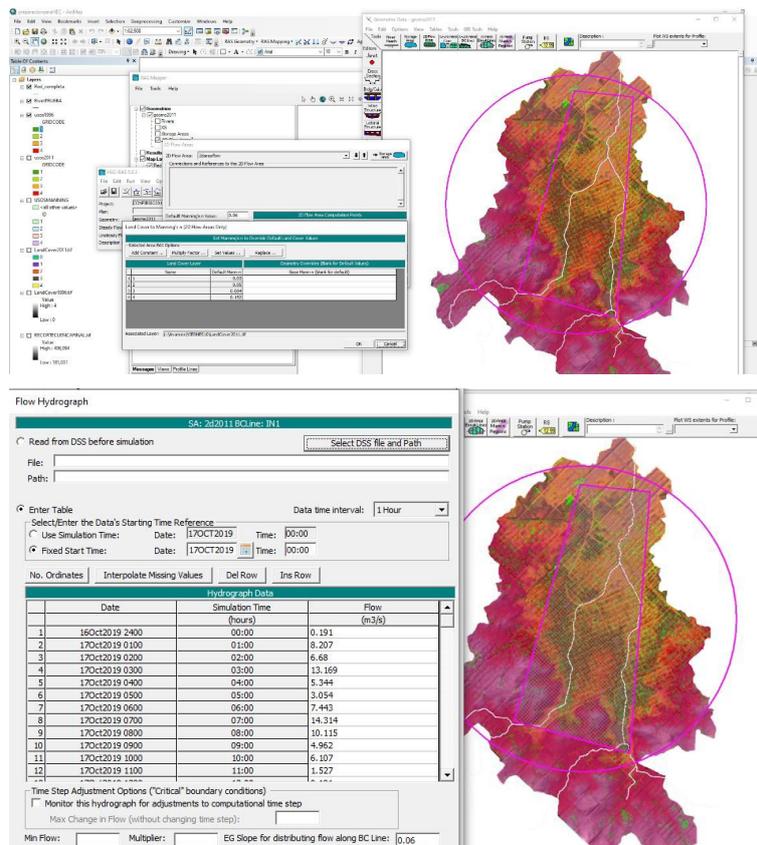


Figura 3. Configuración del modelo en HEC-RAS y parámetros del flujo hidrográfico
Fuente: elaboración personal a partir de HEC-RAS

El aporte de las modelizaciones y las predicciones obtenidas mediante el ingreso de nuevas variables derivadas de la gestión de políticas públicas, como restricciones de usos, desarrollo de infraestructura, medidas semiestructurales o estructurales, permitirán cuantificar y delimitar zonas de mayor a menor riesgo de anegamiento e inundabilidad. Se pretende corroborar las hipótesis planteadas a partir de la realización de un vuelo de *drone* en una zona testigo para obtener mayor precisión en la simulación de los resultados. Esta zona se seleccionará a partir de las modelizaciones llevadas a cabo en La Macchia (2015) que evidencien mayor peligro de anegamiento en zona urbana o suburbana. Algunas de las hipótesis que se desprenden de ese procesamiento parten de analizar si la superficie edificada (densificación de viviendas y demanda de infraestructura) impacta en el aumento de la velocidad y/o profundidad del escurrimiento; si la topografía, es decir, si la pendiente del terreno define el comportamiento de alguno de los parámetros o ambos; y, si la superficie y/o tamaño de la cuenca a una escala más regional también incide en los escenarios resultantes.

De esta manera las validaciones de los modelos contribuirán a conciliar políticas de planificación y gestión territorial-regional a mediano plazo teniendo una visión holística del problema que integre los conceptos de sociedad-naturaleza, desarrollo y sostenibilidad ambiental en las ciudades.

Cabe destacar, finalmente, que las consideraciones y conclusiones arribadas intentan ser un instrumento de ayuda a los agentes tomadores de decisión en la planificación y gestión territorial tanto pública como privada posibilitando la necesidad de trabajar y dialogar en forma interdisciplinaria, desde el aporte de una geografía física aplicada y en el marco de la gestión integral del riesgo.

REFERENCIAS

- Barranquero, R.; Varni, M. y Ruiz De Galarreta, A. (2015). Relación arroyo-acuífero en un sistema hídrico afectado por explotación antrópica. *Revista de Estudios Ambientales*, 3(2), 23pp.
- Australian Emergency Management Institute AEMI (2013). Managing the floodplain: A guide to best practice in flood risk management in Australia, Australian Emergency Handbook 7, Canberra. 110 pp.
- Campos, A.M. (2015). Geografía física: ¿Tradicional o aplicada?. En *Geografía Física Aplicada*. Tomo I. Hidrología Regional y Local. Alicia M. Campo (Dir.), Verónica Gil, Jorge O. Gentili, Paula Zapperi, Antonela Volonté, M. Belén Ramos, Beatriz Aldalur y Mariana P. Torrero. Serie Extensión. Colección Estudios Sociales y Humanidades. UNS. ISBN: 978-987-655-077-2. pp. 11-25.
- Fidalgo, F.; De Francesco, F.O. y Pascual, R. (1975). Geología superficial de la llanura bonaerense. *Relatorio VI congreso Geológico Argentino*, pp. 103-138.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos: conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Editorial Gedisa. 200 pp.
- HEC-RAS (2016a). River Analysis System. User's Manual. Version 5.0. US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources. Hydrologic Engineering Center. Davis. Disponible en: www.hec.usace.army.mil. 960 pp.
- HEC-RAS. (2016b). River Analysis System. 2D Modeling. User's Manual. US Army Corps of Engineers. Institute for Water Resources. Hydrologic Engineering Center. Davis. Disponible en: www.hec.usace.army.mil. 171 pp.
- La Macchia, M.L (2015). *Modelización y análisis espacial del drenaje urbano de la ciudad de Tandil mediante Tecnologías de la información Geográfica*. Tesis de Licenciatura en Geografía. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 90 pp.
- Ruiz De Galarreta, A. y Banda Noriega, R. (2005). Geohidrología y evaluación de nitratos del Partido de Tandil, Buenos Aires, Argentina. *IV Congreso Argentino de Hidrogeología y II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea*, 99-108. Río Cuarto.

UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SPOT PARA LA CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS DEL SUELO EN EL SUR DE LA REGIÓN PAMPEANA (ARGENTINA)

Federico Ferrelli

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Andrea Brendel

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Gerardo Miguel Eduardo Perillo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS) Perillo, Gerardo M. E

María Cintia Piccolo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar imágenes SPOT para determinar las coberturas del suelo del sur de la Región Pampeana (Argentina) durante septiembre-2017 y julio-2018. Para ello se procesaron imágenes provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Estas se corrigieron geográfica, radiométrica y atmosféricamente y se calcularon índices espectrales de vegetación, suelo y agua. Se descargaron firmas espectrales cedidas por la CONAE y se adquirieron muestras de reflectividad en salidas al campo. Posteriormente, se aplicó el método de Máxima Verosimilitud. Teniendo en cuenta el coeficiente Kappa y la precisión general, las coberturas del suelo se clasificaron con un excelente ajuste. Por lo tanto, las imágenes satelitales SPOT son una buena fuente de información para monitorear el ambiente con gran resolución espacial.

Palabras clave: Firmas espectrales; Procesamiento digital de imágenes SPOT; Región semiárida

INTRODUCCIÓN

La delimitación de las coberturas del suelo es una herramienta fundamental para enmarcar políticas destinadas al manejo sustentable de los recursos naturales, principalmente en aquellos paisajes complejos y heterogéneos localizados en las regiones semiáridas. En la mayoría de estos espacios, tanto la época de siembra, como la cosecha y su rendimiento dependen directamente de los montos de precipitación (Brendel et al., 2019).

En este contexto, la teledetección adquiere importancia como una herramienta para el monitoreo del paisaje, dado que permite obtener información de la superficie y generar mapas de coberturas del suelo. Para diseñarlos es indispensable considerar factores como la complejidad del paisaje, el tipo de imágenes a utilizar, la resolución espacial y temporal del satélite y los métodos de clasificación que se emplearán (Manandhar et al., 2009). Actualmente existen escasos trabajos que discriminen coberturas del suelo en las regiones semiáridas de forma estacional con alta resolución espacial. Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo fue clasificar las coberturas del suelo de forma estacional en el sur de la Región Pampeana (Argentina) a partir del procesamiento de imágenes satelitales SPOT 6 y SPOT 7.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza al sur de la Región Pampeana (Argentina), en una región ubicada en el centro sur del partido de Villarino (Buenos Aires, Argentina) (figura 1). El régimen pluviométrico es de tipo seco y muy seco (Aliaga et al., 2016), con una marcada estacionalidad térmica, que permite la diferenciación de veranos e inviernos.

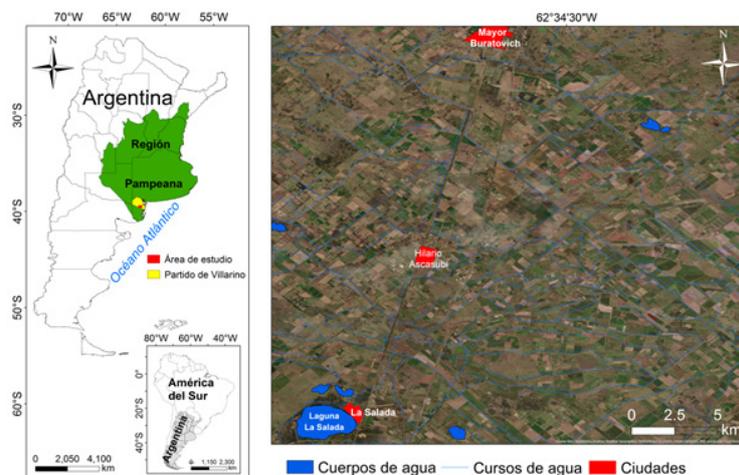


Figura 1. Localización del área de estudio

La mayor parte del área de estudio corresponde a zonas de cultivos de secano. Estos son altamente vulnerables a la variación de las precipitaciones. Sin embargo, el sector seleccionado presenta gran cantidad de cultivos bajo riego. Al concentrar aproximadamente el 12% de la producción agrícola de Argentina, la generación de un mapa de coberturas del suelo a escala estacional con buena precisión y exactitud es indispensable para enmarcar un sistema de alerta temprano ante eventos de sequía extrema, por ejemplo, como el ocurrido en el período 2008-2009, donde las zonas de cultivos se redujeron 17% y las de pastizales destinados a la agricultura un 13% (Ferrelli, 2017).

MÉTODO DE TRABAJO

Se obtuvieron firmas espectrales proporcionadas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE, Argentina). Las mismas representaron el comportamiento típico de los cultivos que se realizan en la región: cebolla, alfalfa, trigo, maíz y pasturas.

Por otro lado, se realizaron viajes de campo en los que se adquirieron firmas espectrales correspondientes a otras coberturas como: cobertura arbórea densa y suelos desnudos. Para ello, se utilizó un radiómetro de campo *Ocean Optics UBS 2000+*. El mismo proporciona información de la reflectividad de la superficie en el espectro visible y en el infrarrojo cercano (400-1200 μm). Como resultado, se obtuvieron seis coberturas del suelo que se presentan en la tabla 1.

Cobertura	Descripción
Agua superficial	Cuerpos de agua, cultivos bajo riego, llanuras de inundación y terrenos anegados
Vegetación densa	Árboles y arbustos con alta densidad.
Suelos descubiertos	Suelos desnudos y áreas agrícolas en barbecho o con rastrojo
Pastizal	Pasturas naturales e implantadas
Cultivos	Se incluyen todos los cultivos que se realizan en la región
Centros poblados	Pueblos y ciudades emplazadas dentro del área de estudio

Tabla 1. Coberturas del suelo identificadas mediante el procesamiento digital de imágenes SPOT y validación con salidas al terreno

Posteriormente, se procesaron cuatro imágenes satelitales SPOT 6 y SPOT 7 provistas por la CONAE pertenecientes al período septiembre 2017- julio 2018 (tabla 2). Estas ocupan una extensión de 500 km^2 . Se analizaron los productos PMS, es decir, la fusión de las cuatro bandas convertidas a la resolución espacial de la banda pancromática (1,5 metros). Las imágenes tuvieron un pre-procesamiento *Standard Ortho* que consiste en una orto rectificación mediante un Modelo de Elevación Digital y una corrección radiométrica de 12 bits, a partir del método del vecino más cercano (Coeurdevey y Soubirane, 2013).

El procesamiento digital de las imágenes SPOT incluyó una corrección geométrica y radiométrica tal como se describe en Torres Vivar et al. (2017). En una primera instancia, se transformaron los datos espectrales (números digitales) a valores de radiancia para posteriormente calcular los valores de mili-reflectancia (Coeurdevey y Soubirane, 2013; Baghdadi y Zribi, 2016).

Posteriormente, se calcularon cinco índices espectrales de vegetación, agua y suelo (tabla 3). Para ello se incluyeron las cuatro bandas: Azul (A), Verde (G), Roja (R) e Infraroja Cercana (NIR). Se ha demostrado que estos representan una herramienta esencial para el estudio del comportamiento espectral de las coberturas del suelo, permiten ampliar las muestras espaciales necesarias para la aplicación de métodos supervisados de clasificación y facilitan la diferenciación espectral entre las clases seleccionadas (Brendel et al., 2019).

Satélite	Fecha	Estación del año
SPOT 7	15 de septiembre de 2017	Primavera
SPOT 6	31 de enero de 2018	Verano
SPOT 7	18 de abril de 2018	Otoño
SPOT 6	22 de junio de 2018	Invierno

Tabla 2. Imágenes satelitales SPOT 6 y SPOT 7 analizadas para la clasificación de las coberturas del suelo

Índices	Ecuación
Índice normalizado de nevegetación (NDVI)	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$
Índice de nevegetación mejorado (EVI)	$EVI = \left(\frac{NIR - R}{NIR + C_1 * R - C_2 * B + L} \right)$
Índice ajustado de suelo y nevegetación (SAVI)	$SAVI = \left(\frac{NIR - R}{(NIR + R + L) * (1 + L)} \right)$
Índice modificado de suelo y nevegetación (MSAVI)	$MSAVI = \frac{2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * NIR - R}}{2}$
Índice normalizado de agua (NDWI)	$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR}$

Tabla 3. Índices espectrales utilizados para la clasificación de coberturas del suelo.

Finalmente, se aplicó el método de clasificación supervisado de tipo Máxima Verosimilitud dado que fue el que mejores resultados arrojó para el área de estudio (Guerschman et al., 2003; Kolios y Stylios, 2013; Brendel et al., 2019). Este se empleó utilizando como base de la clasificación, las muestras espaciales generadas a partir del conjunto de bandas pertenecientes a los cinco índices espectrales. Se trabajó con conjuntos de cinco bandas por cada estación del año. Como resultado, se obtuvieron cuatro mapas que representaron las coberturas del suelo a escala estacional.

Para evaluar la precisión de la clasificación, se aplicó una matriz de confusión de tipo píxel por píxel. La misma está compuesta por dos métricas: la precisión general que contiene la precisión del usuario (Smits et al., 1999) y la del productor y el coeficiente Kappa (Conglaton y Mead, 1983). La precisión general indica la cantidad de píxeles bien clasificados, la del productor la probabilidad de que un píxel identificado como una categoría represente realmente dicha categoría y la del usuario que indica qué tan preciso se clasificó el conjunto de píxeles de entrenamiento (Rogan et al., 2003). Por su parte, el coeficiente Kappa es una medida de exactitud que registra las diferencias entre los datos de la clasificación y los de referencia, comparada con la precisión que se derivaría de un clasificador aleatorio (Congalton, 2001). Este índice varía entre 0 y 1, siendo los superiores a 0,85 los que indican un excelente ajuste de la clasificación (Monserud y Leemans, 1992).

RESULTADOS

Como resultado de la aplicación del método de Máxima Verosimilitud, se obtuvieron cuatro mapas estacionales de coberturas del suelo (figura 2). Durante la primavera imperó la cobertura de cultivos (28,2% ó 141 km²). En otoño e invierno, la cobertura predominante fue la de pastizales (55,6% o 278 km², 35,4% ó 177 km², respectivamente), que integraron, en algunos casos, los cultivos de invierno con escaso crecimiento. Finalmente, en el verano hubo una mayor extensión de suelos al descubierto (28,9% ó 144,5 km²), seguida por la de cultivos (28,1% ó 140,5 km²) (figura 2).

Los resultados obtenidos por el método de clasificación de Máxima Verosimilitud fueron superiores a 0,85 en todas las estaciones del año, indicando un excelente ajuste de las coberturas del suelo. Los menores valores se observaron en primavera (86,9 % y 0,85 para la precisión y el índice Kappa, respectivamente), seguido del verano (91,7% y 0,88), el otoño (93,1% y 90,3) y finalmente, los mejores resultados se identificaron en el invierno (97,5% y 0,96) (figura 3). Esta situación se refleja en la heterogeneidad espacial de las coberturas del suelo del área de estudio. En la primavera y el verano estas tuvieron una gran variabilidad espacial, con grandes fluctuaciones en pequeñas áreas, mientras que en el otoño y el invierno, las coberturas fueron más homogéneas, presentando un predominio de los pastizales y los suelos descubiertos, respectivamente (figura 2).

Durante todas las estaciones del año las coberturas del suelo presentaron excelentes ajustes al analizarlas con la precisión del usuario (PU) y la del productor (PP). Por ejemplo, los cultivos estuvieron mejor identificados en la primavera y el invierno (PP = 99,8 y 99,7 % y PU = 94,5 y 99,5 %, respectivamente). El agua superficial arrojó muy buenos ajustes durante todas las estaciones del año (PP \cong 99 y PU \cong 99,8 %). Los pastizales mostraron valores superiores de ambos índices en el invierno (PU = 92,6 y PP = 91,6 %), similarmente a la vegetación densa (PU = 97,9 % y PU = 95,1 %). Por último, los suelos al descubierto presentaron PP y PU máximos en el otoño (95,4 y 93,9 %, respectivamente) (Figuras 4 y 5).

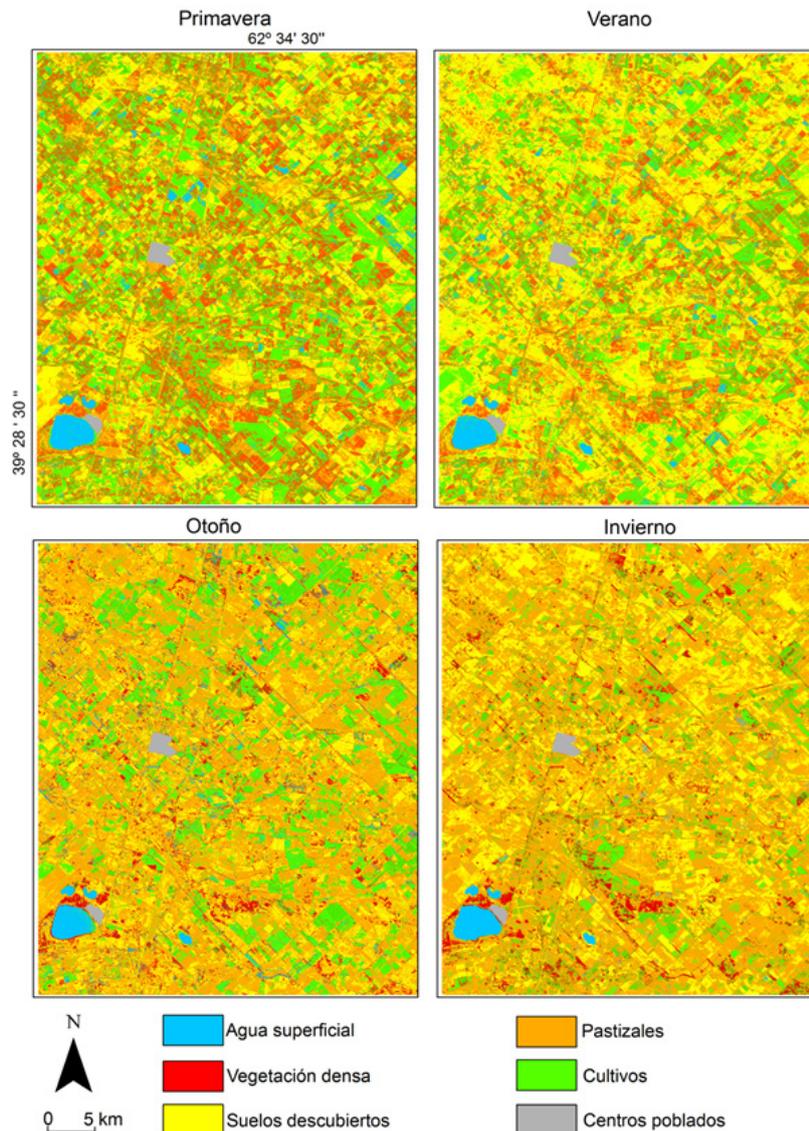


Figura 2. Coberturas del suelo durante la primavera, verano, otoño e invierno

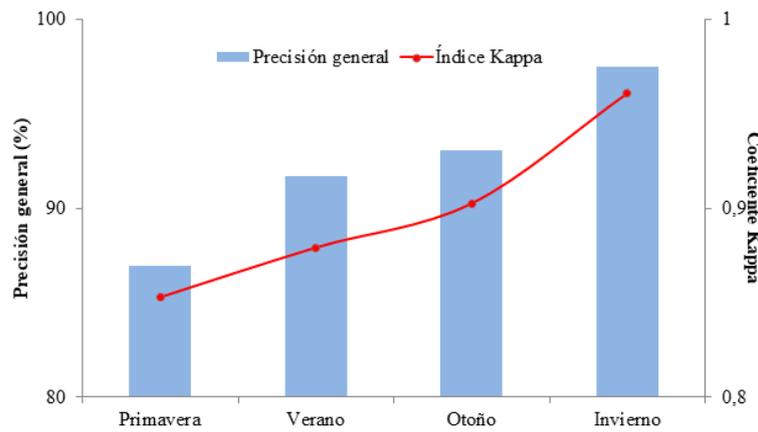


Figura 3. Precisión general e Índice Kappa para cada estación del año.

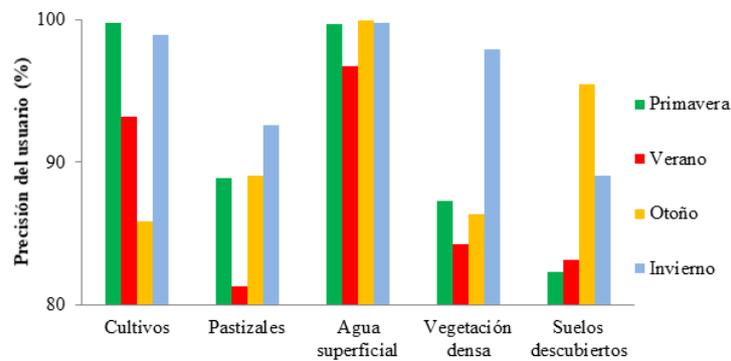


Figura 4. Precisión del usuario (PU) estacional para cada cobertura.

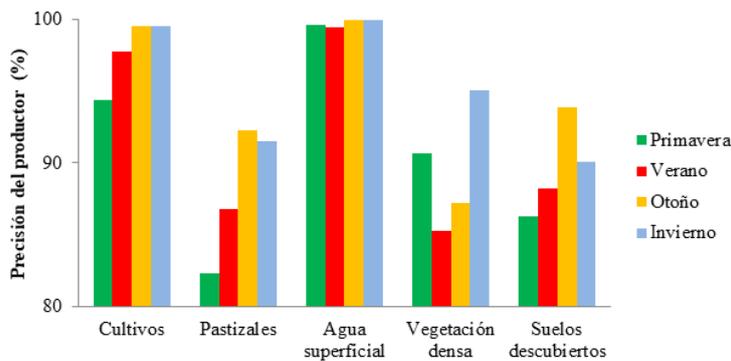


Figura 5. Precisión del productor (PP) estacional para cada cobertura.

CONCLUSIONES

La utilización de imágenes satelitales SPOT permitió conocer la dinámica de las coberturas del suelo de forma estacional en el sur de la Región Pampeana. Los cuatro mapas obtenidos presentaron excelentes ajustes, con valores de índice Kappa superiores a 0,85. Esta situación reflejó que el método de Máxima Verosimilitud, en conjunto con las muestras espaciales resultantes del procesamiento de índices espectrales, permitió aumentar la precisión de las coberturas del suelo en esta región. Los ajustes fueron mejorando a medida que la superficie presentó menor heterogeneidad. En cuanto a las coberturas, el agua fue la mejor discriminada, seguida de los cultivos, la vegetación densa, los pastizales y finalmente los suelos desnudos.

Este tipo de estudios son esenciales en las regiones semiáridas, dado que el monitoreo de las coberturas del suelo de forma rápida y precisa permite tomar decisiones de manejo agrícola y evaluar con gran precisión, por ejemplo, los efectos de la variabilidad pluviométrica sobre los cultivos de secano, los más frecuentes del área estudiada. Por ello, los resultados obtenidos constituyen una base de datos esenciales para diseñar políticas de ordenamiento sustentable del territorio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y a la Universidad Nacional del Sur (CONICET - UNS) por el financiamiento del presente trabajo. Además, a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por la proporción de datos satelitales.

REFERENCIAS

- Aliaga, V.S.; Ferrelli, F.; Alberdi-Algarañaz, E.D.; Bohn, V.Y. y Piccolo, M.C. (2016). Distribución y variabilidad de la precipitación en la región pampeana argentina. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 42(1), 261-280.
- Baghdadi, N. y Zribi, M. (2016). *Optical Remote Sensing of Land Surface* 1st Edition. Techniques and Methods, ISTE Press. Elsevier. p. 388
- Brendel, A.S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M.C. y Perillo, G.M. (2019). Assessment of the effectiveness of supervised and unsupervised methods: maximizing land-cover classification accuracy with spectral indices data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(1), 014503.
- Coeurdevey, L. y Soubirane, J. (2013). *SPOT 6 & SPOT 7 Imagery User Guide*. Toulouse, France. 120p.
- Congalton, R.G. (2001). Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. *International Journal of Wildland Fire*, 10(4), 321-328.
- Congalton, R.G. y Mead, R.A. (1983). A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49(1), 69-74.
- Ferrelli, F. (2017). Variabilidad pluviométrica y sus efectos sobre las coberturas del suelo al sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Geográfica Venezolana*, 58(1), 26-37.
- Guerschman, J.P.; Paruelo, J.M.; Bella, C.D.; Giallorenzi, M.C. y Pacin, F. (2003). Land cover classification in the Argentine Pampas using multi-temporal Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 24(17), 3381-3402.
- Kolios, S. y Stylios, C.D. (2013). Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data. *Applied Geography*, 40, 150-160.
- Manandhar, R.; Odeh, I. y Ancev, T. (2009). Improving the accuracy of land use and land cover classification of Landsat data using post-classification enhancement. *Remote Sensing*, 1(3), 330-344.
- Monserud, R.A. y Leemans, R. (1992). Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological Modelling*, 62(4), 275-293.
- Rogan, J.; Miller, J.; Stow, D.; Franklin, J.; Levien, L. y Fischer, C. (2003). Land-cover change monitoring with classification trees using Landsat TM and ancillary data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(7), 793-804.
- Smits, P.C.; Dellepiane, S.G. y Schowengerdt, R.A. (1999). Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: a review and a proposal for a cost-based approach. *International journal of remote sensing*, 20(8), 1461-1486.
- Torres-Vivar, J.E.; Valdez-Lazalde, J.R.; Ángeles-Pérez, G.; Santos-Posadas, H.M.D.L. y Aguirre-Salado, C. A. (2017). Inventario y mapeo de un bosque bajo manejo de pino con datos del sensor SPOT 6. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 8(39), 25-44.

MODELADO DE LA VARIACIÓN ESPACIAL DE LA CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA DE METANO EN LA CIUDAD DE TANDIL UTILIZANDO REGRESIÓN EXPLORATORIA

Carla Sofía Stadler
CIFICEN (CONICET - CICPBA - UNCPBA)

Victoria Susana Fusé
CIFICEN (CONICET - CICPBA - UNCPBA)

Natasha Picone
IGEHCs (CONICET - UNCPBA)

María Paula Juliarena
CIFICEN (CONICET - CICPBA - UNCPBA)

Santiago Linares
IGEHCs (CONICET - UNCPBA)

Palabras clave: Metano urbano; Fuentes fijas; Regresión exploratoria; OLS

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la última comunicación del IPCC (IPCC, 2013), para frenar y/o reducir los efectos del cambio climático es necesario disminuir sustancialmente las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), las cuales han aumentado de manera significativa desde 1750. Uno de los gases con mayor potencial de calentamiento global es el metano (CH_4), cuyo efecto es 25 veces mayor al del dióxido de carbono (Daelman, 2012). Las fuentes antrópicas de este gas incluyen el uso de la energía fósil y su distribución, las actividades agrícolas y el sector de residuos (Cambaliza et al., 2015). Al contrario de las emisiones naturales de CH_4 , desde humedales principalmente, las emisiones desde fuentes antrópicas pueden ser cuantificadas, reguladas y tratadas adecuadamente, especialmente las de origen urbano, como rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de aguas residuales, uso de combustibles fósiles y sistemas de distribución de gas (Cambaliza et al., 2015; Czepiel et al., 1993). En Argentina, las emisiones de CH_4 del sector energético representan casi un 10% de las emisiones totales, del cual el 57% corresponde a gas natural y a su consumo para cocción, calefacción y combustible para vehículos. En cuanto al sector de residuos y el industrial, sus emisiones representan el 17% y el 0,08% del total, respectivamente. De las emisiones de CH_4 originadas por el sector de residuos, el 51,79% proviene de los residuos sólidos urbanos, el 22,51% de las aguas residuales domésticas y el 25,7% de las aguas residuales industriales (MAyDS, 2017).

El presente trabajo tiene como objetivo principal identificar las posibles fuentes fijas y dispersas de CH_4 que se encuentren cercanas a los sitios de estudio en la ciudad de Tandil (provincia de Buenos Aires) y su influencia en las concentraciones atmosféricas medidas de dicho gas. Para ello, se trabajó con mediciones puntuales de la concentración de CH_4 en una red de muestreo y con herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Por otra parte, se busca obtener un modelo matemático que permita estimar las concentraciones atmosféricas de CH_4 en cualquier punto, a partir de factores que contemplen el peso relativo de las fuentes de emisión.

MATERIALES Y MÉTODOS

La ciudad de Tandil ($37^\circ 19' \text{ S}$, $59^\circ 08' \text{ O}$) se localiza en el centro sur de la provincia de Buenos Aires. Su superficie es de $52,34 \text{ km}^2$ y su población es de 116.916 habitantes, según el último censo nacional (INDEC, 2010). Dentro de la zona urbana, se seleccionaron 23 puntos como sitios de estudio (figura 1) para la medición de la concentración de CH_4 atmosférico, incluyendo cuatro sitios de control (S3, S7, S17, S18) con baja influencia antropogénica y alejado de posibles fuentes del gas en estudio. La elección de los sitios se basó en una distribución homogénea dentro del área urbana, incluyendo distintas densidades de edificación, usos de

suelo (residencial y comercial) y circulación de automóviles.

El periodo de estudio fue a lo largo del año 2019, durante el que se recolectaron muestras integradas de aire en períodos consecutivos de 15 días. Para esto, se utilizaron recipientes de acero inoxidable (volumen de 0,5 L) con una válvula de ingreso, a la cual se le colocó un restrictor de ingreso de aire que permite un llenado lento del colector (Gere y Gratton, 2010). Una vez finalizado el período de recolección de 15 días, los recipientes colocados en los sitios de muestreo fueron retirados, cambiados por otros, y llevados al laboratorio para la cuantificación de las concentraciones atmosféricas de CH₄ por medio de cromatografía gaseosa (CG Agilent 7890A, detector FID). Durante el período completo de estudio se obtuvieron entre 20 y 24 muestras por sitio de muestreo, permitiendo así obtener una media anual de la concentración atmosférica de CH₄ para cada uno de los sitios.

A partir de los valores medios de CH₄ obtenidos durante el año de estudio, se realizó un análisis estadístico para la descripción de los resultados y un Test ANOVA, LSD Fisher ($p < 0,05$) para conocer diferencias espaciales, estadísticamente significativas, entre los sitios de muestreo.

Se aplicaron herramientas de SIG (ArcGIS 10.5) con el fin de analizar qué variables independientes influyen o explican los valores medios de CH₄ encontrados. Primero, se localizaron los sitios de muestreo, mediante coordenadas, con sus respectivas concentraciones medias anuales de CH₄. Luego, se aplicó el modelo de interpolación Distancia Inversa Ponderada (IDW por sus siglas en inglés, *Inverse Distance Weight*) a los valores de medias anuales de CH₄, creando de esta manera una superficie continua de datos sobre la ciudad de Tandil con una resolución espacial de 30 metros. Finalmente, a partir del raster IDW, se creó una capa de puntos de toda la superficie, obteniendo una tabla de atributos.

Se identificaron aquellas fuentes fijas (figura 1) que, *a priori*, pudieran contribuir a la variación espacial de las concentraciones atmosféricas de CH₄ en la zona urbana: estaciones de expendio de gas natural comprimido (GNC), plantas de tratamiento de efluentes cloacales (Planta 1, Planta 2 y Planta 3), relleno sanitario (RS) y un embalse artificial (Dique). Todas las fuentes fueron localizadas en una capa vectorial y se calculó la distancia euclidiana entre cada sitio de muestreo y cada fuente, creando así cuatro mapas individuales de distancia. Por otro lado, se creó una capa raster que contiene información sobre la densidad de viviendas por hectárea calculada a partir del proceso de viviendas realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos en el año 2021¹.

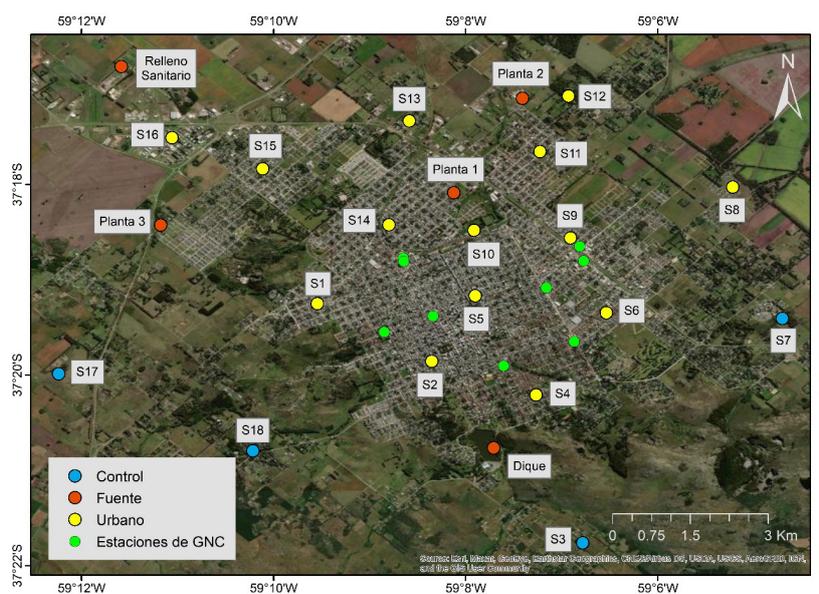


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo y fuentes de emisión de CH₄ en la ciudad de Tandil: plantas de tratamiento de efluentes cloacales, relleno sanitario, embalse artificial y estaciones de GNC

1 <https://precensodeviviendas.indec.gov.ar/>

Todas las capas poseen una resolución espacial de 30 metros. Los valores de densidad de viviendas y distancia fueron extraídos y añadidos a la tabla de atributos de los sitios de muestreo. De esta manera, cada uno de los sitios contiene información sobre la media anual de concentración atmosférica de CH₄, la densidad de viviendas (DU), la distancia en metros a las estaciones de GNC (DG), al relleno sanitario (DR), al embalse (DD) y la distancia promedio a las tres plantas de tratamiento de efluentes cloacales (DP).

Considerando que la variable dependiente es la media anual de concentración de CH₄ y las variables independientes son las cinco capas creadas, se realizó la regresión exploratoria. Los principales coeficientes que se tuvieron en cuenta para poder verificar los resultados son: el signo (+ si es directamente proporcional, - si es inversamente proporcional), el valor de R² ajustado, el nivel de significancia (* = 0,10, ** = 0,05, *** = 0,01), el Factor de Inflación de la Varianza (VIF en inglés, menor a 7,5 indica independencia entre las variables independientes) y el % de significancia de las variables (la consistencia en las relaciones). Los modelos o las combinaciones de variables, que lograron superar todos los criterios establecidos, se utilizaron para realizar una regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS, de sus siglas en inglés) y obtener un modelo matemático para calcular la concentración atmosférica de CH₄ en la ciudad de acuerdo a las variables contempladas. Se debe tener en cuenta que todos los índices del OLS fueron evaluados con un $p < 0,01$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La media anual de la concentración de CH₄ atmosférico para la ciudad de Tandil presentó un valor de 2,64 ppm (tabla 1). Las concentraciones medias de CH₄ reportadas para todos los sitios se encontraron entre valores de 2,06 ppm a 8,65 ppm. El mínimo valor corresponde al sitio control S3 ubicado en una zona de baja densidad de viviendas y alejada de fuentes fijas de CH₄. Seguido a este valor, se encuentran el S7, S17 y S18, con concentraciones medias de 2,08, 2,07 y 2,08 ppm, respectivamente. Los valores medios más bajos, así como valores bajos de desvío estándar en estos cuatro sitios permiten confirmar que se comportan como sitios control e inferir acerca del impacto que tienen las actividades antrópicas sobre las concentraciones atmosféricas de CH₄. Esto se vio reflejado en concentraciones de CH₄ más altas en los otros sitios urbanos, producto de una densidad de viviendas mayor y su consecuente incremento en el consumo residencial de gas natural. Por otro lado, la concentración media de CH₄ más alta corresponde al RS, donde se detectó la concentración más alta (16,94 ppm) y la mayor desviación estándar. El segundo valor medio más alto fue de 6,41 ppm, perteneciente a la Planta 1, cuya concentración máxima detectada fue 11,54 ppm. El resto de los sitios presentaron medias anuales intermedias con valores entre 2,07 ppm (S6) y 2,32 ppm (S2). El Dique en un principio fue considerado como una fuente fija de CH₄, sin embargo, la concentración media anual de CH₄ registrada se encuentra dentro de los valores de los sitios urbanos e incluso hasta menor, sin diferencias estadísticamente significativas respecto a ellos. Por lo tanto, el Dique no fue considerado como variable independiente para el análisis de regresión exploratoria.

Las concentraciones relativamente altas en el RS y en la Planta 1, sumadas a que los resultados del test ANOVA, LSD Fisher (tabla 1) mostraron diferencias estadísticamente significativas de estas concentraciones con el resto de los sitios, requirió que estos sean excluidos en los próximos análisis para hacer más notables las diferencias entre los demás sitios. Al excluir estas fuentes fijas, también se excluyeron la Planta 2 y Planta 3 y, de esta manera, se trabajó solo con las fuentes dispersas. Por lo tanto, la regresión exploratoria se aplicó a todos los sitios de muestreo, excepto a las fuentes fijas de CH₄. Los resultados obtenidos se muestran a en la tabla 2.

Sitio	Concentración atmosférica de CH ₄ (ppm)			
	Media Anual	Min	Max	DS
S1	2,18 ^a	2,08	2,44	0,09
S2	2,23 ^a	2,41	2,11	0,10
S3	2,06 ^a	1,99	2,15	0,04
S4	2,17 ^a	2,08	2,34	0,07
S5	2,30 ^a	2,11	2,69	0,17
S6	2,22 ^a	2,11	2,43	0,09
S7	2,08 ^a	2,02	2,15	0,04
S8	2,12 ^a	1,93	2,24	0,07
S9	2,23 ^a	2,10	2,72	0,14
S10	2,20 ^a	2,08	2,42	0,12
S11	2,32 ^a	2,11	3,13	0,22
S12	2,13 ^a	2,03	2,32	0,07
S13	2,11 ^a	2,02	2,27	0,06
S14	2,24 ^a	2,05	2,54	0,14
S15	2,11 ^a	1,97	2,24	0,06
S16	2,19 ^a	2,06	2,36	0,08
S17	2,07 ^a	1,98	2,21	0,06
S18	2,08 ^a	2,01	2,14	0,03
Dique	2,11 ^a	2,04	2,25	0,05
Planta 1	6,41 ^b	3,44	11,54	2,02
Planta 2	2,17 ^a	2,07	2,45	0,09
Planta 3	2,39 ^a	2,13	2,79	0,18
RS	8,65 ^c	4,46	16,94	3,34
TANDIL	2,64	2,06	8,65	1,58

Tabla 1. Análisis de diferencias estadísticamente significativas de las concentraciones atmosféricas medias anuales de CH₄ entre sitios de muestreo (Test ANOVA LSD Fisher, p<0,05). Las concentraciones medias con letras en común no mostraron diferencias estadísticamente significativas

Variables	Signo	p-value	R ² ajustado	% significancia
Densidad de viviendas (DU)	+	0,01 ***	0,44	100
Distancia a estaciones de GNC (DG)	-	0,01 ***	0,41	100
Distancia a relleno sanitario (DR)	-	0,01 ***	0,05	100
Distancia media a las plantas de tratamiento de efluentes cloacales (DP)	-	0,01 ***	0,008	100

Tabla 2. Resultados obtenidos de regresión exploratoria, aplicada a las fuentes dispersas, para cada variable independiente

Todas las variables resultaron con un 100% de valor de significancia y un p-value igual a 0,01. Además, las variables DU y DG explican un 44% y 41%, respectivamente, de la variabilidad atmosférica de CH₄. La variable DR explica un 0,05% de la variabilidad atmosférica. Con respecto a DP, solo explica un 0,008% y, además, en el 50% de los modelos presenta signo positivo, lo cual no es racional ya que se esperaría que a mayor distancia de las plantas de tratamiento se encuentren menores concentraciones. Este resultado puede deberse a que a medida que la distancia desde las plantas aumenta, la distancia al resto de las fuentes fijas disminuye, la densidad poblacional aumenta y, por lo tanto, la concentración aumenta, generando una discordancia. Sin embargo, los valores de VIF fueron menores a 7,5 para todas las variables, lo que significa que las variables no presentan alta multicolinealidad.

De los resultados de la regresión exploratoria se observa que únicamente los modelos de una sola variable lograron pasar todas las pruebas sobre los criterios de búsqueda establecidos de los coeficientes. Es decir, cuando se consideran dos o más variables, las pruebas no fueron superadas

en su totalidad. Aun así, en principio se incluyeron todas las variables en la aplicación de OLS y se probaron distintos modelos hasta llegar al mejor ajuste y coherencia en los resultados. De acuerdo a los coeficientes obtenidos en cada OLS, se propone el siguiente modelo matemático para el cálculo de las concentraciones atmosféricas de CH₄ en la ciudad de Tandil:

$$[\text{CH}_4]_{\text{atm}} = 2,22 + 1,4 \times 10^{-3} \text{ DU} - 4 \times 10^{-6} \text{ DR} - 1,4 \times 10^{-5} \text{ DG}$$

Este modelo tiene un R² y un R² ajustado igual a 0,58. El valor de R² ajustado indica que el modelo explica aproximadamente el 58% de la variación espacial de la concentración de CH₄, contemplando la cantidad de variables y la relación con los datos. La consistencia con los signos se cumple, presentando una relación positiva con la variable DU y una relación negativa con las variables DR y DG. La variable DP no se consideró en el modelo ya que presentaba un signo positivo y por lo tanto no es coherente, según lo expresado anteriormente. En cuanto a los coeficientes, el aumento en las concentraciones se encuentra más afectado por la densidad poblacional. Esto quiere decir que a mayor densidad de viviendas por hectárea, la concentración de CH₄ aumenta 1,4x10⁻³ ppm, mientras que por cada metro más cerca al relleno sanitario y a las estaciones de GNC, la concentración aumenta 4x10⁻⁶ y 1,4x10⁻⁵ ppm, respectivamente. Las probabilidades para ambas variables y para la pendiente son menores a 0,01, siendo estadísticamente significativas. En cuanto al VIF, para las tres variables el valor es menor o igual a 2, por lo tanto, no son redundantes. Debido a que el valor del índice Koenker (BP) es estadísticamente significativo (p<0,01), el índice estadístico de Wald conjunto es válido para determinar la importancia general del modelo. De esta manera, como el índice de Wald también es estadísticamente significativo, las variables independientes son efectivas para la explicación de la variable dependiente, lo cual puede observarse en los valores estadísticamente significativos de las probabilidades estándar del coeficiente robusto de las variables. Por último, el índice Jarque-Bera también es estadísticamente significativo, lo que quiere decir que los valores residuales no se distribuyen normalmente.

CONCLUSIONES

Se realizaron muestreos de aire en 23 sitios de la ciudad de Tandil durante un periodo de un año con el fin de conocer las concentraciones atmosféricas medias de CH₄. Sus valores medios permitieron identificar sitios control y fuentes fijas de CH₄. Para lograr explicar las concentraciones encontradas, se evaluaron distintas variables independientes: densidad poblacional, distancias a estaciones de GNC, a un embalse artificial, al relleno sanitario y distancia media a las plantas de tratamiento de efluentes cloacales. A partir de los resultados del análisis de regresión exploratoria se encontró que las variables *densidad poblacional* y *distancia al relleno sanitario* y *estaciones de GNC* son las que mejor explican y se relacionan con la variable dependiente, las tres con un nivel de significancia de 0,01. Con estas variables, se aplicó una regresión OLS para determinar un modelo matemático que permitiera calcular concentraciones de CH₄ a partir de ellas. El modelo obtenido logró pasar la mayoría de las pruebas estadísticas con un R² ajustado de 0,57, siendo consistente y coherente. Como trabajo a futuro, se pretende considerar otras variables independientes con el fin de mejorar el ajuste del modelo (principalmente fuentes variables como el consumo de gas y el tránsito vehicular) y aplicar otras herramientas para un mejor análisis, como Regresión Geográficamente Ponderada (GWR, por sus siglas en inglés) y la regresión de uso de suelo (LUR, por sus siglas en inglés).

REFERENCIAS

- Cambaliza, M.O.L. et al. (2015). Quantification and source apportionment of the methane emission flux from the city of Indianapolis. *Elementa*, 3, 1-18.
- Czepiel, P. M.; Crill, P.M. y Harris, R.C. (1993). Methane Emissions from Municipal Wastewater Treatment Processes. *Environ. Sci. Technol*, 27(12), 2472-2477.
- Daelman, M.R.J.; van Voorthuizen, E.M.; van Dongen, U.G.J.M.; Volcke, E.I.P. y van Loosdrecht, M.C.M.

(2012). Methane emission during municipal wastewater treatment. *Water Research*, 46, 3657–3670. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.04.024>

Gere, J.I. y Gratton, R. (2010). Simple, low-cost flow controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications. *Latin American Applied Research*, 40(4), 377–381.

INDEC (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. Provincia de Buenos Aires. Hogares por tipo de vivienda, según combustible utilizado principalmente para cocinar. Inst. Nac. Estad. Censos República Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (2017). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Presidencia de la Nación. Argentina.

IPCC (2013). Cambio Climático 2013. Bases físicas. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

MAYDS (2017). Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Argentina.

PERSPECTIVA GEOPEDOLÓGICA EN LA CARTOGRAFÍA DIGITAL DEL MEDIO NATURAL ANTROPIZADO

Laura Boff

Instituto de Geomorfología y Suelos (IGS), FCNyM-UNLP. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata

Daniel Muntz

Instituto de Geomorfología y Suelos (IGS), FCNyM-UNLP. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICBA)

Palabras clave: Geopedología; SIG; Cartografía digital; Uso del suelo; Ordenamiento territorial

INTRODUCCIÓN

Los partidos de Berisso y Ensenada se encuentran ubicados en el sector litoral noreste de la provincia de Buenos Aires (figura 1) en la unidad geomorfológica denominada Planicie Costera por Fidalgo y Martínez (1983), Hurtado et al. (1997) y Martínez et al. (2000), Llanura Costera por Cavallotto (1995) y Llanura Costera Río de la Plata (Violante et al., 2001). En unidad se describen dos áreas de acuerdo al origen de sus materiales, Fluvio-Estuárica y Marina (Hurtado et al., 2006). En la primera se encuentran las subunidades geomorfológicas de acumulación fluvial-estuárica reciente denominadas Llanura Aluvional y Playa, influenciadas por la dinámica actual del Río de la Plata, con depósitos originados por la intensa sedimentación inducida por las enormes descargas del Río de la Plata, el transporte litoral y su ubicación en la zona central más deprimida de la cuenca del Salado (Manassero et al., 2013). La segunda formada por una sucesión de formas de agradación originadas durante el proceso relacionado con el ciclo regresivo del mar holoceno desde hace 6.000 años (Cavallotto, 2002). Dichos factores originaron una serie de geoformas genéticamente vinculadas entre sí (figura 2).

A partir de la variedad y edad de los materiales originarios, las características topográficas presentes en la zona, y el factor bioclimático se desarrolla una amplia diversidad de suelos. En la mayor parte de los suelos de la Planicie Costera, las condiciones texturales de los materiales, hídricas y climáticas, sumadas a la topografía plano-cóncava y la biota, generan un sistema con marcado proceso pedogenético de hidromorfismo (Camilión et. al., 1998 y 2005; Boff et. al., 2000; Gimenez et. al., 2005; Imbellone y Mormeneo, 2011). Este tipo de suelos y sus rasgos redoximórficos, sumado a la presencia temporal o permanente de agua superficial o subsuperficial en los mismos y el desarrollo de biota adaptada a estas condiciones, son claves en la identificación de estos ecosistemas como humedales. Estos ambientes tan complejos donde se generan flujos biogeoquímicos propios, cumplen funciones ecosistémicas particulares

y fundamentales como la regulación del ciclo hidrológico, regulación biogeoquímica y funciones ecológicas específicas (Kandus et al., 2010).

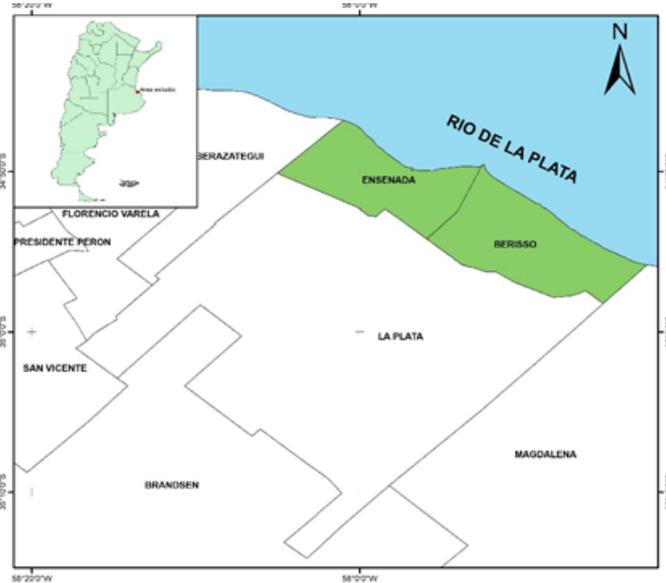


Figura 1. Mapa de ubicación
Fuente: elaboración personal

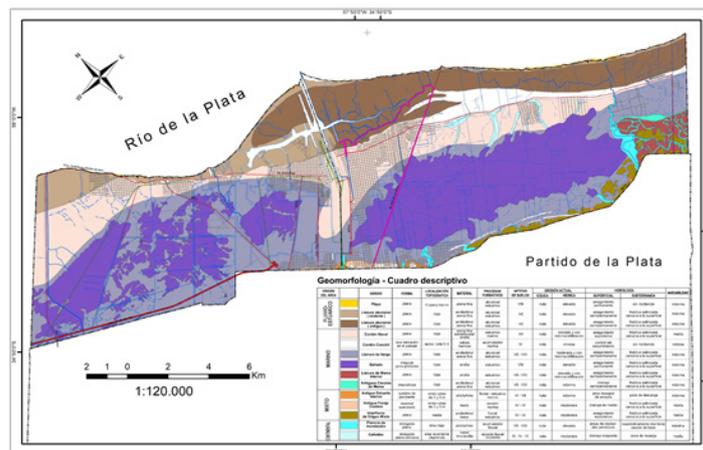


Figura 2. Mapa Geomorfológico
Fuente: elaboración personal

La expansión urbana en la región se ha acelerado en el último siglo, sin criterios de sustentabilidad, generando una presión antrópica intensa sobre estos ecosistemas vulnerables y en deterioro (Cabral et al, 2016). Teniendo en cuenta las características del medio natural y su alto nivel de antropización se pretende realizar un análisis temporal sobre el avance antrópico en el medio natural, mediante tecnología de Información Geográfica y cartografía digital, identificar posibles conflictos de uso del suelo y definir criterios para el ordenamiento territorial y el desarrollo sostenible. La finalidad de este trabajo es aportar conocimiento sobre el medio natural desde una perspectiva geopedológica e hidropedológica y proponer lineamientos para la planificación en base a las limitantes y potencialidades de los suelos pensando en mejorar la calidad de vida de los habitantes. Para lograr estos objetivos es imprescindible y prioritario conocer y evaluar las características físicas del medio, sus problemáticas, sus riesgos y su evolución a través del tiempo. Es sabido que la dinámica natural implica cambios y transformaciones que se ven altamente influenciados ante la dinámica de la acción antrópica.

En este sentido, la cartografía temática y la interrelación de la múltiple información aportada, son optimizadas por medio de un Sistema de Información Geográfica que permite

obtener y proporcionar herramientas de gestión territorial más completas y efectivas, para analizar y evaluar los múltiples conflictos de uso del suelo entre intereses contrapuestos con un enfoque geopedológico.

METODOLOGÍA

Se analizaron fotomosaicos semirrectificados del año 1966 a escala 1:20.000 que fueron escaneados y georreferenciados e imágenes satelitales de 2016 de alta resolución del servidor BING con un Sistema de Información Geográfica. Se determinaron sobre las imágenes de ambas épocas diferentes usos del suelo. Mediante la herramienta de geoprocesamiento unión se realizó la comparación temporal y espacial de este periodo de 50 años. Esta herramienta combina los elementos de una capa poligonal de entrada con los polígonos de una capa superpuesta a la primera. El resultado es una capa que presenta una información procedente de la combinación de las entidades geográficas en ambas capas. Hay que destacar que con esta herramienta no se generan registros duplicados por solapamiento sino límites vectoriales que muestran la combinación de atributos de las capas después de la superposición sufrida una respecto de la otra.

Se seleccionaron e identificaron los siguientes usos: urbano, baldío, industrial y servicios para el año 1966 y los mismos usos, sumando el extractivo, para el año 2016. Este análisis se superpuso con los mapas de suelos (figura 3a y 3b) y de capacidad de uso del suelo (figura 4) ambos de producción propia generados por nuestro equipo de trabajo del Instituto de Geomorfología y Suelos.

Los mapas de suelos se basan en el sistema Taxonomía de Suelos (Soil Survey Division Staff, 2014) y para el mapa de Capacidad de Uso del Suelo se ha utilizado el sistema de Clasificación de Suelos por Capacidad de Uso del Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU. (Klingebiel y Montgomery, 1961). Este sistema está integrado por ocho clases (I a VIII) las que indican un grado creciente de limitaciones para el uso agropecuario y forestal. Las clases I a IV se aplican a suelos aptos para los cultivos. Los suelos de las clases V a VII no son aptos para cultivos, pero se pueden utilizar para pasturas, campos naturales de pastoreo o forestación. Los suelos de clase VIII no son aptos para ninguno de estos usos en forma rentable y/o sustentable.

Cada una de estas clases, excepto la I, se subdividen en subclases en las que se destaca el tipo de limitación dominante mediante una letra minúscula. Para estos suelos se utilizaron los sufijos w (exceso de agua en el perfil durante lapsos significativos por anegamiento, inundación o nivel freático elevado) y s (limitaciones en la zona de enraizamiento por diversas causas: exceso de sodio intercambiable o sales solubles, horizontes endurecidos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor parte de los suelos de la Planicie Costera (figura 3b) corresponden a aquellos con sustrato de origen marino, y fueron clasificados dentro de los órdenes Vertisol y Molisol. En el primer caso predominan los materiales originarios de granulometría muy fina, principalmente argilominerales esmectíticos que le otorgan propiedades vérticas. La participación de procesos pedogenéticos como vertisolización, alcalinización, salinización es variable según el sector analizado. Se les asigna a estos suelos categorías de capacidad de uso VIws, VIIws y VIIIws (figura 4).

Los Molisoles se desarrollan a partir de las acumulaciones conchiles, presentan una limitada extensión areal y mejor permeabilidad que los Vertisoles. Se asigna a estos suelos la capacidad de uso IVs.

En el sector costero de origen fluvio-estuarío los suelos han sido clasificados a nivel de Orden como Entisoles. Los materiales originarios provienen de sucesivos desbordes del Río de la Plata. Debido a ello, alternan capas de granulometría variable, que muestran bajo grado de pedogénesis. En general predominan materiales de textura gruesa (arenosa a franco arenosa) que alternan con capas de granulometría fina (franco arcillo arenosa a arcillosa). Estas últimas tienen menores contenidos de arcilla que los suelos de origen marino y son menos expansivas. Tienen reacción ácida desde superficie, carecen de tenores significativos de sales solubles y el

contenido de materia orgánica suele variar en forma irregular en profundidad. Su característico pobre desarrollo es causado tanto por la juventud como por la composición de los materiales. A estos suelos se les asigna la clase y subclase de capacidad de uso VIw. Las condiciones de hidromorfismo que presentan la vasta mayoría de estos suelos de la Planicie Costera, generados por la conjunción de las condiciones hídricas y climáticas, sumadas a la topografía plano-cóncava, a los materiales originarios y a la vegetación, reflejan el drenaje deficiente. En la mayoría de las categorías de capacidad de uso la subclase es “ws”, o sea que comparten limitaciones por deficiencias en el drenaje e impedimentos en el perfil (principalmente por exceso de sodio intercambiable, sales solubles y texturas extremas). Las unidades por capacidad de uso se pueden identificar en el mapa de Capacidad de Uso (figura 4). De la comparación e interpretación de los mapas presentados Geomorfológico, Suelos y Capacidad de Uso, surge la relación estrecha evidenciada por la correlación espacial entre las unidades de los mismos.

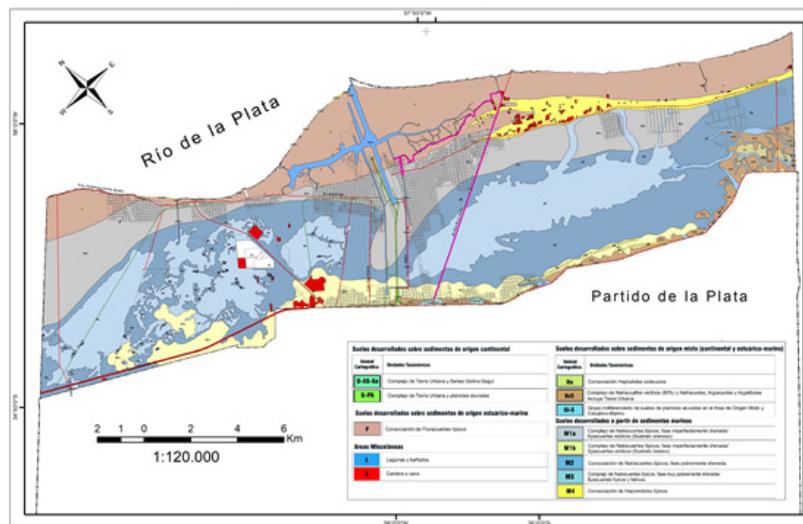


Figura 3a. Mapa de suelos de detalle
Fuente: elaboración personal

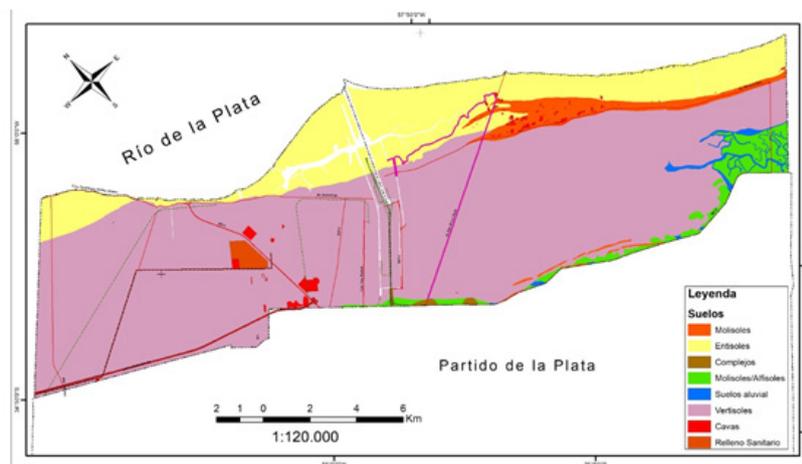


Figura 3b. Mapa de Suelos síntesis a nivel de Orden
Fuente: elaboración personal

Los Partidos de Berisso y Ensenada presentan serios riesgos de inundaciones debido a distintas razones: características de los suelos, sudestadas, crecidas y desbordes del Río de la Plata, lluvias caídas *in situ* que por la falta de pendiente son de difícil evacuación, el escurrimiento de los arroyos desde zonas más elevadas del partido de La Plata, la superposición de estos fenómenos y las modificaciones antrópicas.

Uno de los problemas identificados son las modificaciones realizadas a características

topográficas de zonas inundables, donde se han alterado las cotas naturales, tanto sobrelevándolas a través del relleno artificial del terreno, como bajándolas a partir de la extracción de suelo. Los rellenos además de modificar el relieve y generar múltiples consecuencias en el funcionamiento del ecosistema, son materiales provenientes de extracciones generadas en suelos de mejor calidad de zonas de la llanura alta o refulado de sedimentos del río en zonas costeras. Estas modificaciones se observaron en distintos lugares de los dos partidos.

El área total de los dos partidos es de aproximadamente 25.700 ha. En el año 1966 el 90% del área total estaba desocupada, del 10% ocupado el 58,26% era uso urbano, el 25,8% baldío, el 11,8% industrial y el 4,14% servicios.

El mayor porcentaje de uso urbano se encontraba sobre suelos de capacidad de uso VII y VIII (46,5% y 6,8% respectivamente). Los suelos de mejor capacidad (clase IV cordones de conchilla) solo estaban urbanizados en un 0,6% y los de capacidad III no presentan uso y son de muy escasa extensión areal.

El uso baldío e industrial se extendía sobre los suelos de peor capacidad (clases VII y VIII) mientras que los servicios de escasa representación areal 4%, se encontraban en la zona cercana al puerto sobre suelos de capacidad de uso variada entre IV y VII (figura 5, 5a y 5b).

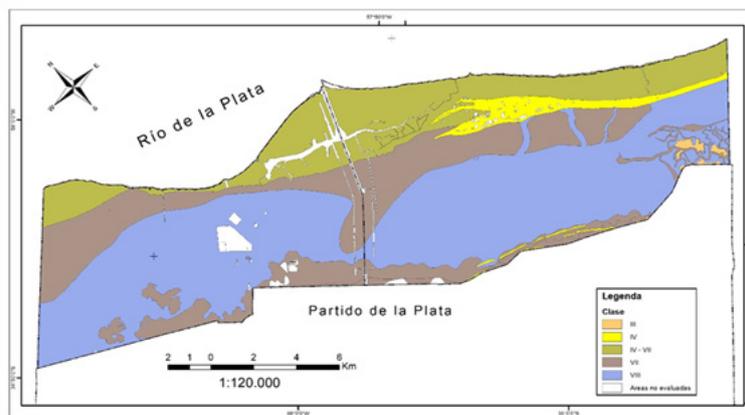


Figura 4. Mapa de capacidad de usos de suelos
Fuente: elaboración personal

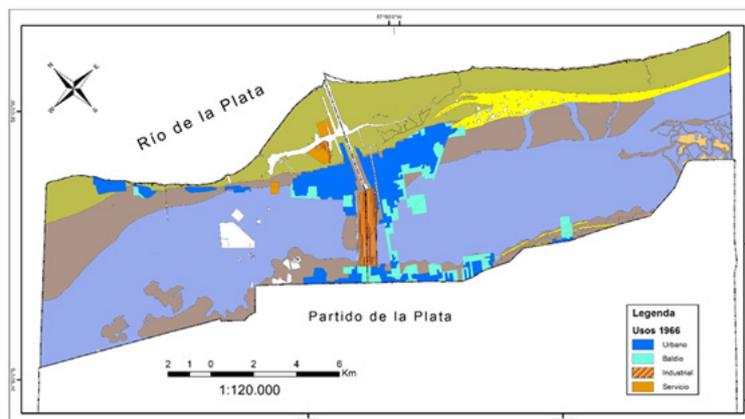


Figura 5. Usos del suelo de 1966 superpuesto al mapa de capacidad de usos de suelos
Fuente: elaboración personal



Figura 5a

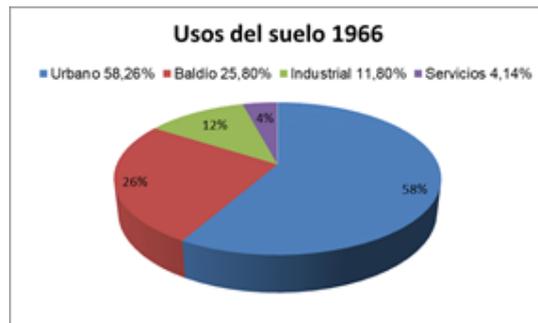


Figura 5b

En el año 2016 la superficie desocupada era del 75% y la ocupada del 25%. De esta última el 47,4% es urbano, el 27,24% baldío, el 12% industrial, el 10,8% servicios y se suma el uso extractivo en un 2,56%.

El 29,5% del uso urbano se desarrolla sobre suelos de capacidad VII y le sigue el 9% sobre suelos de capacidad VIII. El uso baldío predomina en suelos de capacidad VIII (10,3%) y se extiende también en porcentajes similares (8,7%) sobre suelos de capacidad IV y VII.

Tanto el uso industrial como servicios tienen sus mayores porcentajes de ocupación sobre suelos de categorías VII y VIII. Mientras que el uso extractivo se distribuye por suelos de todas las categorías de uso principalmente en la Categoría VII (figura 6, 6a y 6b).

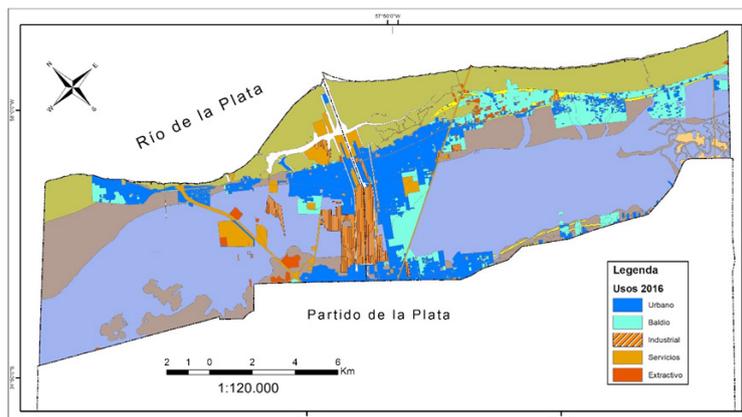


Figura 6. Usos del suelo de 2016 superpuesto al mapa de capacidad de usos de suelos
Fuente: elaboración personal



Figura 6a

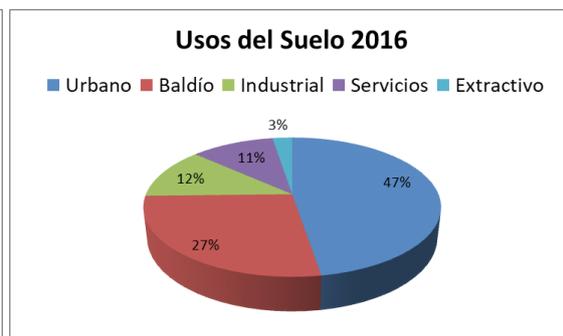


Figura 6b

CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de la información y mapas elaborados surge que:
Los asentamientos urbanos de Ensenada y Berisso ocupan un sector levemente elevado

subparalelo a la actual línea de costa de composición arenosa, mejor drenado y densamente poblado desarrollado junto a la zona portuaria e industrial.

Se concluye que en el lapso de los cincuenta años transcurridos entre 1966 y 2016 la superficie ocupada creció un 15%, un incremento de 3.604 ha de avance antrópico sobre el medio natural donde predominan suelos con severas limitaciones (figura 7).

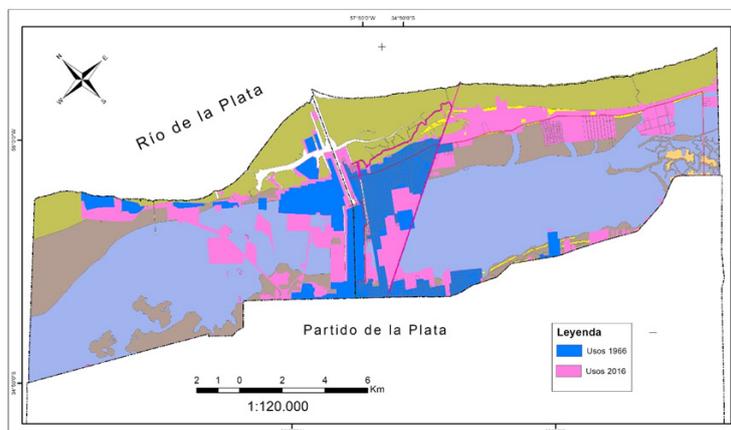


Figura 7. Superposición de usos 1966 y 2016 sobre mapa de capacidad de uso de suelos
Fuente: elaboración personal

Con respecto a los taxones de suelos el avance de estos cincuenta años se llevó a cabo principalmente sobre Vertisoles (68%) y en menor medida sobre Molisoles y Entisoles (16% y 11% respectivamente) (figura 8). Con el correr de los años, tanto Berisso como Ensenada, fueron expandiendo su área urbana y ocuparon las zonas más bajas, fangosas, de pajonales y bañados, con alto riesgo de inundación, con insuficientes planes oficiales para controlar, ordenar y planificar el uso del territorio en estas zonas.

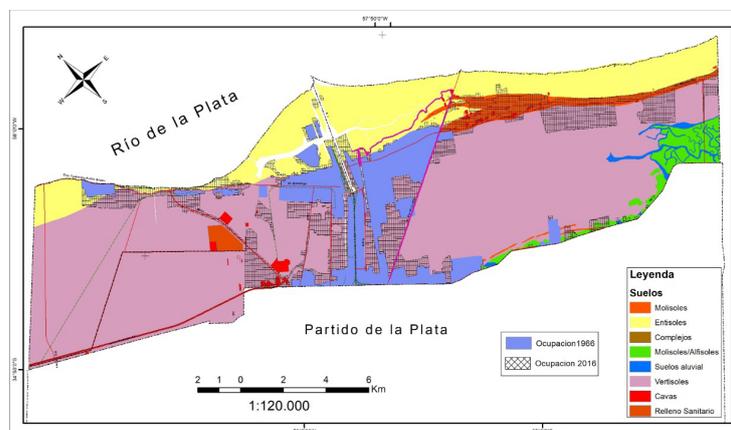


Figura 8. Avance antrópico 1966-2016 sobre Taxones de suelos
Fuente: elaboración personal

El mayor avance antrópico registrado en este período fue sobre los suelos de clase de uso IV (los mejores de la zona) que presentaban en 1966 una ocupación del 4% y en el 2016 del 75%. Este gran avance se debe a que estos suelos se desarrollan sobre materiales conchiles con mejor drenaje, topografía elevada y fueron los primeros en ser ocupados principalmente con usos extractivo y baldío.

Sobre los suelos de categoría IV-VII cercanos al Río de La Plata se observó un avance del 9% principalmente en servicios.

En los suelos de clase VII hubo un avance del 16% principalmente de uso urbano e industrial mientras que los de clase VIII presentaron una ocupación del 10% principalmente en uso baldío, industrial y servicios (figura 9).

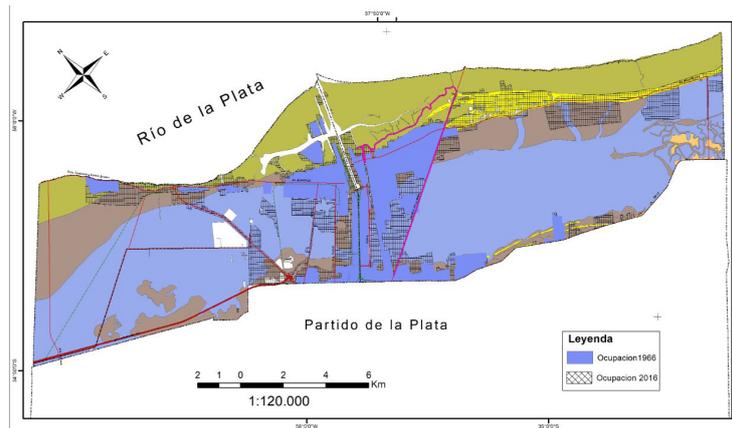


Figura 9. Avance antrópico 1966-2016 sobre Unidades de Capacidad de usos de suelos
Fuente: elaboración personal

Se ha comprobado un marcado incremento del avance antrópico (26% principalmente uso urbano e industrial) sobre suelos Vertisoles que en su mayoría pertenecen a las clases de capacidad de uso VIIws y VIIIws, con alta susceptibilidad a anegamiento e inundación y condiciones texturales y químicas particulares, lo que constituye un importante conflicto de uso. Estos suelos según la clasificación utilizada deberían ser destinados a áreas de conservación (humedales, vida silvestre, biota) y/o recreación y esparcimiento. Cuanto más alto es el número de la clase, tanto más graves son las limitaciones, como así también los riesgos de la degradación del suelo por el uso. La ocupación del medio natural sin criterios de planificación debería ser contemplado dado que la Planicie Costera debería mantener sus funciones ecosistémicas fundamentales. Seguir urbanizando e industrializando sin criterios apropiados de planificación territorial, pone en riesgo al ecosistema y a la sociedad que es parte del mismo, principalmente a la comunidad más vulnerable.

El conocimiento del medio natural sumado al uso de tecnologías de Información Geográfica y Cartografía temática en base a criterios geopedohidrológicos nos permite mejorar las herramientas para establecer criterios adecuados en la toma de decisiones orientadas a un correcto ordenamiento territorial y desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

- Boff, L.; Russo, C. y Camilión, M. (2000). Contenido de metales pesados en suelos hidromórficos. *XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, del 11 al 14 de abril de 2000, en Mar del Plata, Pcia. de Bs.As. Con referato.
- Cabral, M.; Muntz, D.; Giani, E.; Hurtado, M.A.; da Silva, M.; Boff, L.; Palma, J.C. y Sánchez, C. (2016). Capítulo 1: Las inundaciones en la región capital: cartografía temática para el planeamiento. Ronco, A. PIO (Proyecto de Investigación Orientado)-*Las inundaciones en La Plata, Berisso y Ensenada. Análisis de Riesgos y Estrategias de Intervención. Hacia la construcción de un observatorio ambiental*. <http://omlp.sedici.unlp.edu.ar/dataset/informe-final>. Ultimo acceso 20/08/2019.
- Camilión, M.C.; Challiol, I.B.; Russo, M.C. y Boff, L.D. (1998). Actividades antrópicas y anomalías geoquímicas generadas en los suelos a nivel superficial. Caso: Gran La Plata. *Actas de las Quintas Jornadas Geológicas y geofísicas bonaerenses*, Mar del Plata, 9 al 11 de diciembre de 1998; volumen I, pág. 209. Con referato.
- Camilión, M.C.; da Silva, M.; Boff, L.D. y Hurtado, M.A. (2005). Salud en riesgo por contaminación con metales pesados en los suelos aluvionales de la margen derecha del Río de la Plata. *Jornadas Interdisciplinarias Rioplatenses de Toxicología y Ecotoxicología*, Montevideo, Uruguay, del 30/5 al 2/6 de 2005. Con referato.
- Cavalotto, J. (1995). *Evolución geomorfológica de la llanura costera ubicada en el margen sur del Río de la Plata*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
- Cavalotto, J. (2002). Evolución holocena de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. *Revista*

de la Asociación Geológica Argentina, 57(4), 376-399.

Fidalgo, F. y Martínez, O. (1983). Algunas características geomorfológicas dentro del partido de La Plata (Provincia de Buenos Aires). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 27(2), 263-279.

Giménez, J.E.; Cabral, M.; Hurtado, M.A.; Martínez, O.R.; Sanchez, C.A.; Da Silva, M.; Forte, L.; Crincoli, A.C. y Muntz, D. (2005). *Elaboración y Transferencia de Cartografía Temática e Implementación de un Sistema de Información Geográfica para el Planeamiento (Partido de Berisso)*. Trabajo Inédito. Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires.

Hurtado M. et al. (1997). *Caracterización geomorfológica y Suelos en la zona de influencia de petroquímica L.P. y Refinería L.P.* Instituto de Geomorfología y Suelos de la Facultad de Cs. Naturales y Museo. U.N.L.P. Informe técnico. YPF.

Hurtado, M.A.; Giménez, J.E. y Cabral, M. (2006). *Análisis ambiental del partido de La Plata. Aportes al ordenamiento territorial*. Consejo Federal de Inversiones.

Imbellone, P. y Mormeneo, L. (2011). Vertisoles hidromórficos de la planicie costera del Río de la Plata, Argentina. *Ciencias del Suelo*, 29, 107-127.

Kandus, P.; Quintana, R.D.; Minotti, P.G.; Oddi, J.; Baigún, C.; Gonzales Trilla, G. y Ceballos. (2011). Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica com marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. Capítulo 11. En: Laterra, P., Jobbágy, E.G. y Paruelo, J.M. (eds) *Valoración de Servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. INTA, Buenos Aires. 740 pp.

Klingebiel, A. y Montgomery, P. (1960). Land Capability Classification. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook N° 10. Washington, D.C.

Manassero, M.; da Silva, M.; Boff, L.D. y Hurtado, M.A. (2013). Metales pesados en suelos de la Planicie Costera del Río de la Plata, partidos de Ensenada y Berisso. *Ciencia del suelo, asociación argentina de la ciencia del suelo*, 31, 253-264.

Martínez, O.R.; Hurtado, M.A.; Cabral, M.G.; Giménez, J.E y da Silva, M. (2000). Geología, Geomorfología y Suelos de la planicie costera en los partidos de Ensenada y Berisso (provincia de Buenos Aires). *Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. CD ROM Comisión V, Panel 17. Mar del Plata. Con referato.

Soil Survey Division Staff (2014). Keys to Soil Taxonomy. Soil Conservation Service. United States Department of Agriculture. 7th Edition.

Violante, R.A.; Parker, G. y Cavallotto, J.L. (2001). Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. *Rev. de la Asociación Geológica Argentina*, 56(1), 51-66.

ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN LA CUBIERTA VEGETAL A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES EN GOOGLE EARTH ENGINE

Rafael Mazoni Andrade
Observatorio de Seguridad Pública

El objetivo de este trabajo es analizar los cambios en la cubierta vegetal a través del tiempo mediante *Google Earth Engine* (GEE) para el área sur de APA en la Región Metropolitana de Belo Horizonte. Este estudio implementó bases de datos disponibles en el GEE, específicamente sobre áreas protegidas según polígonos (*World Database on Protected Areas*) las cuales se encuentran disponibles para toda la superficie terrestre, mostrando una destacada capacidad de generalización y uso. El proceso de importación clasifica la imagen en dos categorías (negra y roja). Los píxeles negros representan lugares donde no hay cobertura de vegetación; y los rojos, donde existe cubierta vegetal. La base proporciona a su vez información por cada píxel, de pérdida y ganancia de cobertura vegetal indicados con valores 0 o 1 respectivamente. A partir de este mapeo, fue posible cuantificar las áreas en las que hubo un cambio en la cubierta de vegetación.

CAMBIOS EN LAS GEOFORMAS FLUVIALES DE UN TRAMO URBANIZADO DEL ARROYO LA VENTANA (BUENOS AIRES) MEDIANTE EL USO DE TIG

Marilina Ayelén González

UNS (Departamento de Geografía y Turismo). CONICET

Jorge Gentili

UNS (Departamento de Geografía y Turismo). CONICET

Verónica Gil

UNS (Departamento de Geografía y Turismo). CONICET

Palabras clave: Geomorfología fluvial; Análisis multitemporal; Urbanización; TIG

INTRODUCCIÓN

Los cursos fluviales forman parte de un sistema natural evolutivo y complejo, en el cual las acciones de erosión, transporte y sedimentación actúan conjunta e interdependientemente hacia un equilibrio de su perfil longitudinal (Kondolf y Piégay, 2003; Charlton, 2008; Munro, 2010; Díaz-Redondo, et al., 2018). A lo largo de su evolución, el sistema se ajusta y modifica sus dimensiones hacia un nuevo estado, compatible con el entorno. Para comprender el comportamiento del curso es importante conocer esta dinámica, cuáles son los procesos y las relaciones que intervienen, cuál es el grado de estabilidad-inestabilidad para, de esta manera, prever tendencias a futuro con miras a una mejora en su gestión (Boothroyd et al., 2020; Jouravlev et al., 2021; Lawson, 2021).

En los trabajos vinculados a la temática, se ha demostrado que las variables que influyen en la evolución morfodinámica de los cursos fluviales se atribuyen a numerosos factores y procesos naturales, pero también a las acciones antrópicas. Por ejemplo, Long et al. (2021) combinaron imágenes multitemporales para analizar cómo los distintos factores naturales y humanos han afectado la evolución morfodinámica de las barras del río Yangtze. Por su parte, Rhoads et al. (2016) estudiaron la influencia humana en los paisajes fluviales en sectores agrícolas intensivos en la cuenca del río Sangamon. Identificaron cambios inducidos en la extensión de los canales y la forma de planta de los mismos. En Brasil, Breda y Pupim (2021) aplicaron técnicas geomorfológicas y sedimentológicas para investigar los efectos de los distintos factores ambientales en la evolución de la dinámica fluvial del río Tietê superior y medio durante el Cuaternario tardío. Del mismo modo, Roy et al. (2021) estudiaron la evolución del drenaje en un paisaje fluvial que albergaba un sistema de “ríos perdidos” en las llanuras de Punjab-Haryana, noroeste de la India relacionando dichos cambios a posibles variaciones en la tectónica y a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos de gran magnitud.

En el área de estudio, la cuenca del arroyo la Ventana, provincia de Buenos Aires, se localiza una urbanización cuyos orígenes se remontan a finales de la década de los '70 pero que, en los últimos años, está atravesando un proceso de revalorización turístico. Esta localidad se encuentra situada sobre las márgenes de un tramo del arroyo ocupando parte de la llanura de inundación. Debido a ello interrumpe y elimina formas fluviales, hecho que propicia la generación de cambios en la dinámica fluvial del área. Por ello, el objetivo del trabajo es identificar y cuantificar la variación de las formas fluviales en un tramo urbano del arroyo la Ventana para el período 1981-2021. Esta investigación constituye una primera aproximación al reconocimiento y análisis de los cambios en las geofomas y los procesos fluviales y se fundamenta en la idea de que el estudio de la evolución de las formas fluviales es importante para establecer pautas de manejo a futuro con miras a una gestión adecuada del espacio fluvial.

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del arroyo la Ventana se ubica en el partido de Tornquist, suroeste de la provincia de Buenos Aires. Nace en las Sierras de la Ventana y junto con otros tributarios forma parte de

la cuenca alta del río Sauce Chico. La cuenca posee 114 km² de superficie y sus alturas varían entre los 1.134 m s.n.m. y los 407 m s.n.m. (figura 1).

Climatológicamente, la región queda comprendida en la franja zonal de clima templado pampeano, con veranos e inviernos bien marcados y primaveras y otoños moderados (Campo de Ferreras et al., 2004). Distintos factores como la continentalidad, la exposición a los flujos de aire dominantes y el efecto topográfico, le otorgan a la dinámica climática del área una variabilidad tanto espacial como temporal de las condiciones de precipitación (Campo de Ferreras et al., 2004). Esto se traduce en una alternancia de episodios extremos húmedos y secos cuya frecuencia, duración e intensidad es muy variable en espacio y tiempo (Casado y Campo, 2019). A escala local, el Sistema orográfico de las Sierras de la Ventana genera una sobreexcitación orográfica en las precipitaciones zonales del orden de los 110 mm y una variabilidad espacial en los montos de precipitación en vertientes opuestas (Zapperi et al., 2007; Gentili y Gil, 2013).

El cauce principal presenta aproximadamente 15 kilómetros de longitud. En particular el tramo seleccionado se caracteriza por presentarse seco la mayor parte del año, solo es ocupado por agua en momentos de precipitaciones torrenciales que derivan en eventos de crecidas, consecuencia directa de los eventos hidrometeorológicos extremos característicos de esta región. En el sector medio del tramo se encuentra la localidad de Villa Serrana La Gruta que junto con San Andrés de la Sierra conforman dos pequeñas localidades con un importante auge turístico fomentado en los últimos años.

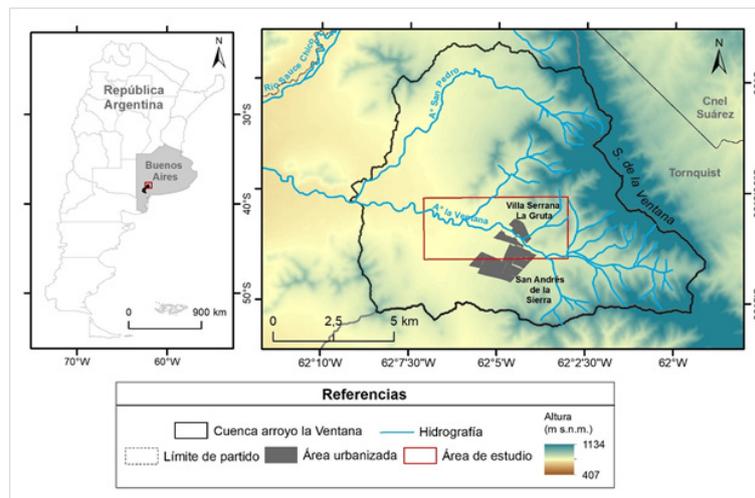


Figura 1. Área de estudio
Fuente: elaboración personal

MATERIALES Y MÉTODOS

La identificación y digitalización de las geoformas y la urbanización del año 1981 se realizó mediante interpretación visual de fotografías aéreas (escala 1:20.000). Las geoformas fluviales y los sectores urbanizados correspondientes al año 2005 y 2021 se identificaron y digitalizaron visualmente a partir de imágenes satelitales de alta resolución espacial extraídas de *Google Earth Pro*[®]. El tramo fue seleccionado porque corresponde al sector urbanizado del curso fluvial y la selección del periodo temporal estuvo sujeta a la disponibilidad de estas fuentes, que constituyeron el insumo fundamental para el análisis geomorfológico multitemporal. El criterio utilizado para la zonificación de las geoformas fluviales es el planteado por Pedraza Gilsanz (1996) con la consideración del criterio propuesto por Calle et al. (2017) que hace referencia a la dinámica de las barras diferenciando la barra activa (sin vegetación) de la barra inactiva (o vegetada). La leyenda geomorfológica fue tomada de la representación de elementos geomorfológicos propuestos por Peña Monné (1997). La digitalización y organización de los datos, así como la elaboración de la cartografía geomorfológica, se realizó en el *software* ArcGIS[®].

RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que los cambios más importantes en las unidades morfológicas del tramo seleccionado, para la escala témporo-espacial utilizada están asociados principalmente a variaciones en el tamaño de unidades morfosedimentarias, puntualmente de las barras vegetadas (figura 2).

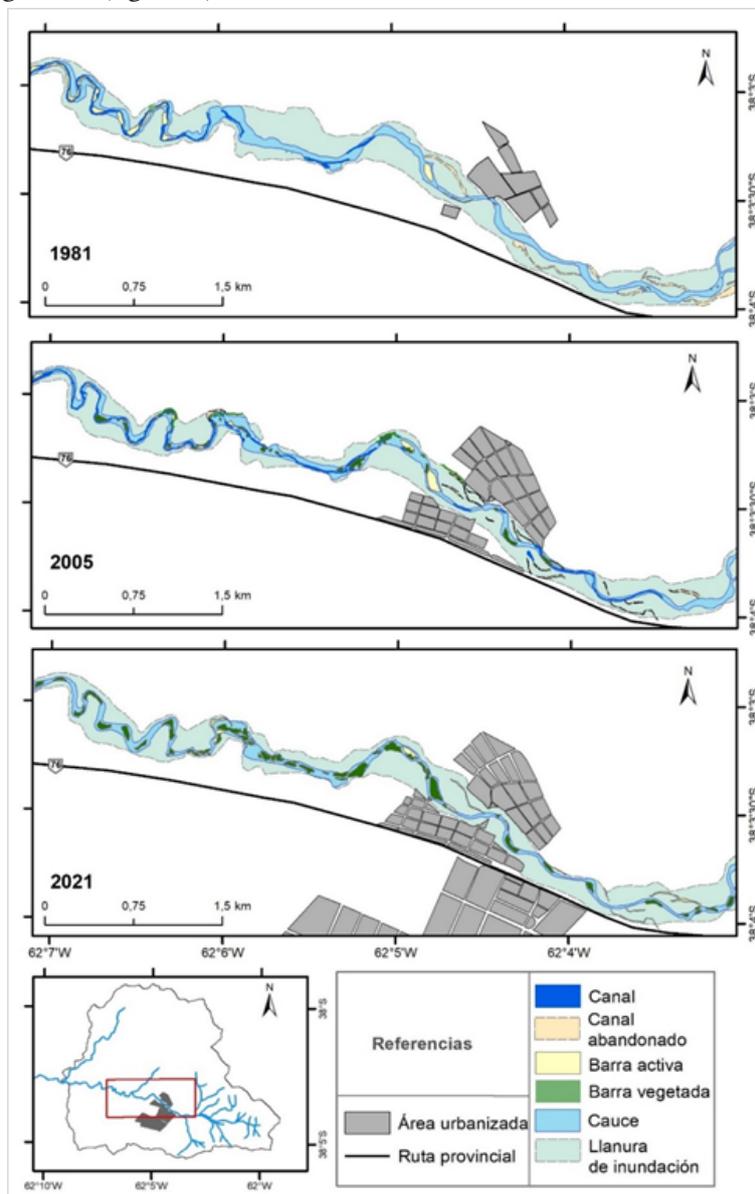


Figura 2. Evolución de las formas fluviales y la urbanización en un tramo del arroyo la Ventana
Fuente: elaboración personal

En el año 1981 las barras activas prevalecieron sobre las barras estables o vegetadas, que solo se cuentan con 3 m² respecto a los 54,8 m² de las primeras. En el año 2005 se observa que esta relación se invierte ya que las barras vegetadas ocupan mayor superficie que las barras activas y en el año 2021 la barra estable aumenta más del triple de superficie respecto al año 2005 (tabla 1). El cauce y la llanura de inundación presentaron variaciones en su superficie a lo largo del período analizado. Respecto a esto, Allan (1995) sugiere que es conveniente asociar los cambios espaciales de las formas fluviales mayores con la escala temporal aproximada en que ocurren. Para que se produzcan ajustes en estas unidades del curso, probablemente se requiera de cambios tectónicos o de un cambio climático capaz de alterar el régimen

hidrológico de la cuenca. A pesar de esto y paralelo a esta dinámica natural, en el caso de que se identificaran cambios en estas unidades en escalas cortas de tiempo, estos pueden estar originados o acelerados por la acción antrópica. Este es el caso del sector urbanizado del curso fluvial, donde se observa comparativamente entre los tres años, como el avance de la urbanización se llevó a cabo sobre las márgenes del arroyo en detrimento de la llanura de inundación. Este puede ser uno de los principales motivos de la reducción de su superficie entre 1981 y 2005 (226 m²).

Año	1981	2005	2021
<i>Urbanización (m²)</i>			
Villa Serrana La Gruta	240,8	518	573,89
<i>Geoformas fluviales (m²)</i>			
Canal	52,6	65,7	78,8
Canal abandonado	49,1	21,6	15
Barra (activa)	54,8	25,11	11,02
Barra vegetada (estable)	3	34	113
Cauce	460,2	465	424
Llanura de inundación	1.848	1.622,47	1.725,28

Tabla 1. Cálculo de áreas para las geoformas fluviales y la urbanización
Fuente: elaboración personal

Por su parte, la superficie del canal no varió en relación con el resto de las geoformas. Cabe mencionar que su superficie está determinada por la disponibilidad de agua en el tramo ya que fue considerado como “canal” el sector del cauce ocupado por agua en la fecha de las imágenes utilizadas como referencia. Por lo tanto, se puede suponer que esta varía según se trate de un periodo seco o húmedo el que caracterice la fecha seleccionada. Respecto a los canales abandonados, se observa que en la actualidad las áreas se redujeron significativamente. Frente a esto, Shields y Copeland (2006) afirman que, desde un punto de vista sedimentológico, los canales abandonados o inactivos actúan como zonas de captación de sedimento dentro de la llanura de inundación, registrando las facies sedimentarias de las sucesivas inundaciones, desde el momento de abandono hasta su relleno completo. Esta reducción en las áreas podría estar asociada a estos procesos de acreción y los canales haber sido rellenados por sedimento acumulado lo que originó el levantamiento del nivel del lecho (Rosguen, 1994; Munro, 2010).

Respecto al aumento de vegetación que se observa, cabe destacar que la composición y estructura de la vegetación de ribera está estrechamente vinculada a la variabilidad hidrológica natural y a la variación de los parámetros ambientales (Han y Brierley, 2020; Jerin, 2020; Kasprak et al., 2021). En algunos casos puede contribuir a la estabilidad de las márgenes y de las barras de los cursos, pero puede también favoreciendo la meteorización biológica, por ejemplo, en zonas de escarpes o terrazas. En el tramo analizado existen aumentos significativos en la vegetación ribereña tanto en densidad como en distribución. El aumento en las áreas de barras vegetadas sugiere una tendencia del tramo del arroyo hacia la estabilidad, principalmente aguas abajo de la urbanización, donde la pendiente disminuye y, por lo tanto, la depositación del material sedimentario favorece la colonización de la vegetación ribereña.

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos es posible concluir una evolución geomorfológica del arroyo hacia la estabilidad de las unidades morfosedimentarias menores, principalmente en lo que refiere al aumento de la superficie de las barras vegetadas. Se observó que hubo cambios significativos en las unidades morfológicas fluviales mayores, aunque fueron relativamente menores respecto al resto de las unidades y esto puede estar vinculado a la escala temporal utilizada. Sin embargo, en lugares donde se identificaron modificaciones directas en la llanura

de inundación y en los cauces, estos fueron consecuencia de modificaciones antrópicas introducidas por el avance urbano hacia el curso fluvial.

El análisis multitemporal de imágenes históricas y actuales permitió comprobar cambios directos observables en el tramo urbanizado. Sin embargo, para establecer los motivos de otros cambios indirectos observados como, por ejemplo, el aumento de la superficie de las barras y la vegetación ribereña, será necesario indagar y profundizar cuáles fueron las condiciones hidrometeorológicas y climatáticas que caracterizaron el período utilizado para el análisis multitemporal. El trabajo constituye una aproximación preliminar al estudio de los ajustes morfológicos del sistema fluvial en relación con el avance de una urbanización. Esto permitirá contar con herramientas de análisis en pos de una mejor gestión del espacio.

REFERENCIAS

- Allan, J.D. (1995). *Stream Ecology - Structure and Function of Running Waters*. London, UK: Chapman and Hall.
- Boothroyd, R.J.; Williams, R.D.; Hoey, T.B.; Barrett, B. y Prasoj, O.A. (2020). Applications of Google Earth Engine in fluvial geomorphology for detecting river channel change. *Water*, 8(1), 421-496.
- Breda, C. y Pupim, F.N. (2021). *Change of channel pattern and construction of fluvial terraces driven by SAMS since the LGM in southeastern South America: records from Tietê River, Brazil*. EGU General Assembly Conference Abstracts. Copernicus Meetings. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-9928>.
- Calle, M.; Alho, P. y Benito, G. (2017). Channel dynamics and geomorphic resilience in an ephemeral Mediterranean river affected by gravel mining. *Geomorphology*, 285, 333-346.
- Campo de Ferreras, A.; Capelli de Steffens, A. y Diez, P. (2004). *El clima del Suroeste bonaerense*. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 99 pp.
- Casado, A. y Campo, A.M. (2019). Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. *Cuadernos Geográficos*, 58(1), 6-26.
- Charlton, R. (2007). *Fundamentals of fluvial geomorphology*. New York, EEUU: Routledge.
- Díaz-Redondo, M.; Egger, G.; Marchamalo, M.; Damm, C.; de Oliveira, R.P. y Schmitt, L. (2018) Targeting lateral connectivity and morphodynamics in a large river-floodplain system: the upper Rhine River: morphodynamic recovery in the Upper Rhine river. *River Research and Applications*, 34(7), 734-744. <https://doi.org/10.1002/rra.3287>.
- Gentili, J. y Gil, V. (2013). Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 22(1-2), 147-166.
- Han, M. y Brierley, G. (2020). Channel geomorphology and riparian vegetation interactions along four anabranching reaches of the Upper Yellow River. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 44(6), 898-922.
- Jerin, T. (2020). Scale associated coupling between channel morphology and riparian vegetation in a bedrock-controlled stream. *Geomorphology*, 375, 107-562.
- Jouravlev, A.; Saravia Matus, S. y Gil Sevilla, M. (2021). Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe. *Páginas Selectas de la CEPAL*, 10.
- Kasprak, A.; Sankey, J.B. y Butterfield, B.J. (2021). Future regulated flows of the Colorado River in Grand Canyon foretell decreased areal extent of sediment and increases in riparian vegetation. *Environmental Research Letters*, 16(1), 14-29.
- Kondolf, G.M. y Piégay, H. (eds.). (2003). *Tools in fluvial geomorphology*. Wiley & Sons. England. 688 p.
- Lawson, J. (ed.). (2021). *River basin management: progress towards implementation of the European water framework directive*. London, UK: CRC Press.
- Long, J.; Li, H.; Wang, Z.; Wang, B. y Xu, Y. (2021). Three decadal morphodynamic evolution of a large channel bar in the middle Yangtze River: Influence of natural and anthropogenic interferences. *Catena*, 199, 105-128.
- Munro, S.E. (2010). *El río y la forma: introducción a la geomorfología fluvial*. Santiago de Chile, Chile: RIL editores.
- Pedraza Gilsanz, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid, España: Editorial Rueda.
- Peña Monné, J.L. (1997). *Cartografía geomorfológica básica y aplicada*. Logroño. Barcelona, España: Geoforma.

Rhoads, B.L.; Lewis, Q.W. y Andresen, W. (2016). Historical changes in channel network extent and channel planform in an intensively managed landscape: Natural versus human-induced effects. *Geomorphology*, 252, 17-31.

Rosgen, D.L. (1994). Applied river morphology. *Catena*, 22, 169 - 199.

Roy, D.B.; Tandon, S.K. y Singh, V. (2021). Drainage evolution in a Holocene landscape that hosted a 'lost river' system in the Punjab-Haryana plains, NW India. *Quaternary International*, 585, 99-110.

Shields F.D. y Copeland R.R. (2006). Empirical and analytical approaches for stream channel design. Proceedings Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference, Reno, Nevada. Advisory Committee on Water information, Subcommittee on Sedimentation, Washington D.C.

Zapperi, P.A.; Ramos, M.B.; Gil, V. y Campo, A.M. (2007). *Caracterización de las precipitaciones estivales en el Suroeste bonaerense*. Contribuciones Científicas, GAEA., Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, Posadas. ISSN 0328-3194. Pp. 483-491



EJE 4. TIG APLICADA A
PROCESOS SOCIO-ECONÓMICOS

POLÍTICAS DE DATOS Y POLITICIDAD GEOGRÁFICA. POR QUÉ UNA PLATAFORMA COLABORATIVA DE DATOS ESPACIALES PARA TEMÁTICAS SOCIALES DE LA ARGENTINA

Pablo De Grande
IDICSO (USAL) / CONICET

INTRODUCCIÓN

La producción de información geográfica y su puesta en circulación es crecientemente reconocida como una práctica de intervención simbólica y como una herramienta de “visibilización” de problemáticas en las agendas políticas y de discusión pública. Lo geográfico es político, no solamente porque la geografía compite -junto a otros dominios del conocimiento y otras actividades culturales- en la instalación de formas de comprender el mundo que nos rodea, sino también porque sus herramientas son diariamente reapropiadas por actores ajenos tradicionalmente a este campo.

Esta ponencia propone propiciar un diálogo sobre las fronteras y puentes que definen medios de circulación, la apropiación y la puesta en común de información geográfica referida a temáticas sociales. Esta reflexión se apoya en la experiencia compartida en un proyecto de construcción de una plataforma colaborativa de datos espaciales de alcance nacional.

La presentación se organiza en tres partes: una referida a los actores reconocidos en la producción y consumo de datos espaciales, una segunda referida a los datos, y una tercera vinculada a los medios y tecnologías por los que lo mismos circulan. Para finalizar, se realizan algunas reflexiones relativas a la interacción entre estos tres niveles de composición del escenario de datos espaciales (actores, datos y medios).

SOBRE LOS “ACTORES”

La experiencia del proyecto con datos sociales georreferenciados reforzó la interacción con actores productores de información social. Estos actores, junto al público general, son también consumidores de información social georreferenciada, si bien pondremos más atención al carácter de productores de cada uno de ellos.

La administración estatal

El Estado es un gran productor de datos sociales espaciales, a través de sus diversas dependencias de gobierno. La Argentina se caracteriza por un esquema de organización federal (política y administrativamente descentralizado), en jerarquías de diversos niveles organizacionales. Al interior de las provincias existen municipios, los cuales pueden cubrir o no la totalidad de los territorios provinciales, y a su vez los municipios pueden o no desarrollar en su interior instancias políticas de gobierno de menor nivel (delegaciones municipales, comunas, entre otras).

¿Cómo se comportan estos actores respecto a la información espacial? A pesar de estar obligados normativamente a dar a sus acciones y productos un carácter público y visible (rige en Argentina la ley n° 27.275/16 de acceso a la información pública, que hace de la ‘transparencia activa’ un principio rector de la actividad estatal), los procesos y organismos estatales aparecen muchas veces indiferentes, y otras en decidida resistencia, a dar información en forma rápida y exhaustiva, tanto si se trata de información de gestión como si se trata de información estadística.

Dicho esto, también cabe señalar el carácter ambivalente y complejo de la acción estatal. Las dificultades para acceder a mucha de su información no implican que el Estado no produzca y provea información, muchas veces en forma abierta. Buena parte del impulso en favor de los datos abiertos tomaron cuerpo al interior del Estado, y la cantidad de información hoy disponible de fuentes estatales en la Argentina no tiene comparación con la que podía existir hace apenas 20 años.

La academia

Un segundo actor en la producción de datos espaciales sobre información social lo constituye el campo de la actividad académica nacional. Este ámbito reúne a institutos de investigación y cátedras docentes de universidades estatales y de gestión privada, así como también a organizaciones dedicadas a la investigación dentro y fuera del ámbito estatal (en organismos y agencias como el CONICET y otras dependencias del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, así como fundacionales, asociaciones profesionales y organizaciones de la sociedad civil con equipos formales de investigación).

Los actores académicos, a partir de la Ley de Repositorios Institucionales n° 26.899/13, se encuentran parcialmente obligados a hacer públicos y gratuitamente accesibles sus resultados de investigación, principalmente ligado a la condicionalidad de si su trabajo ha sido financiado con fondos del Estado nacional. Esta obligatoriedad, normada en el año 2013, no ha visto hasta la actualidad controles efectivos, por lo que más allá del carácter parcial de las obligaciones, adolece de una ausencia de mecanismos prácticos por los cuales accionar sobre ese derecho reconocido al público general de acceder a los resultados que a través del gasto público en investigación propician. A partir de ello, al igual que entre quienes participan de ámbitos de gobierno y administración, la difusión de información espacial resultante de trabajos de investigación, sigue un derrotero bastante arbitrariamente definido según el cual la información se publica en forma eventual, a veces parcial, y casi siempre discontinua. La ausencia de redes con servidores para el trabajo del personal se da a la par –en áreas de humanidades y ciencias sociales de las universidades del país– de la ausencia de repositorios de datos comunes a los equipos de investigación. Los datos espaciales son recursos casi personales de los investigadores, que en tanto tales circulan a la par de los proyectos, y en acuerdos usualmente tácitos de uso y circulación para esos datos (tanto de los datos obtenidos para las investigaciones de fuentes secundarias como de los datos producidos por los equipos).

Organizaciones de la sociedad civil

Los datos sociales georreferenciados han ganado un espacio inédito hasta hace algunas décadas en los llamados mapeos colaborativos y comunitarios. Estos recursos metodológicos inscribieron a asociaciones de la sociedad civil, y grupos de personas orientados por una problemática común, a devenir en productores de información primaria sobre temáticas específicas.

Si bien esta producción con frecuencia ocurre con la asistencia de saberes profesionalizados, esto no significa sin embargo que la realización de estos mapeos sea cooptada por estos cuadros de naturaleza más técnica, y en lo referido a la propiedad, el uso y la orientación de la producción de esos datos, estas iniciativas pueden con frecuencia mantener al componente “técnico” de sus relevamientos como algo subsidiario de la causa principal que los hace funcionar. En varios aspectos, los principios que guían a estos actores se encuentran en las antípodas de los dos grupos de actores mencionados anteriormente.

Mientras que los agentes estatales y los grupos académicos no dejan de advertir un valor intrínseco en el carácter secreto de sus datos, quienes realizan mapeos para exponer disputas y conflictos, ven como su prioritario, lograr una máxima visibilidad incondicional para sus hallazgos. Mientras que los agentes estatales y la academia hacen de la lentitud y los “pasos necesarios” de sus producciones un elemento característico, los movimientos sociales apuestan al sentido de oportunidad y a los logros que las coyunturas pueden ofrecer a quienes no lidian con burocracias kafkianas ni con líneas trianuales de financiamiento para poner a funcionar sus energías creativas.

Pero no solo en estas cuestiones prácticas se ancla la diferencia radical de algunos de estos actores con relación a los actores estatales, sino que de un modo muy mayoritario se organizan “contra” el Estado y sus “visualizaciones” del espacio y la realidad. A veces en articulación con la academia, a veces en mera relación de indiferencia con ella, buena parte de los actores que devienen en productores de datos espaciales lo hacen por lo que señalan como “ausencias”, “omisiones”, “denegaciones” del Estado con relación a ciertos colectivos, ciertas prácticas,

ciertas problemáticas, ciertos derechos. Ante la falta de soluciones habitacionales, la falla en la provisión de servicios públicos o la violencia institucional persiste, pero sobre todo, ante la constatación de que el Estado no solo no logra resolverlos sino que no consigue siquiera hacer un “mapa” que permita dar una magnitud a estos problemas, es que otros actores comienzan a dibujar el espacio con sus propios contenidos, y a intentar hacerlo visible y volverlo “real”.

SOBRE LOS “DATOS”

Los datos espaciales, sociales y de Argentina (tres características específicas) tiene características particulares cuyo desconocimiento puede hacer fracasar iniciativas de puestas en producción, puesta en circulación o conservación de los mismos (Bosque Sendra, 2005).

Una primera distinción es que existen datos sociales de tres tipos:

- » De infraestructura: Estos conjuntos de datos dan cuenta de las características del ‘hábitat’ en cada espacio, tanto en términos de capacidades de las redes de transporte como aquellas de servicios públicos, incluyendo los estilos de urbanización, las características de las viviendas y de los barrios (disponibilidad de plazas, emplazamiento de basurales, zonas industriales, parques, etc.), entre otros.
- » De personas: Registros que describen a las poblaciones, en sus diferentes “características” que, a los fines prácticos, quedan definidas como bastante estables. A partir de esta noción de “población con características relativamente estables” se construyen los registros censales, pero también la estadística de salud, la matrícula escolar, y más recientemente, algunos parámetros relativos a las prácticas de movilidad de las personas y del uso del tiempo.
- » De acontecimientos. Cuando el Estado produce esta clase de registro suele hacerlo a partir de registros administrativos tales como “multas realizadas”, “obras” o “compras de proveedores”. Más frecuentes son los registros de esta índole producidos por mapeos colectivos, que dan cuenta por ejemplo de hechos delictivos, o de incidentes que dan testimonio de alguna vulneración de derechos por parte del Estado o de otros actores.

Como una característica singular de los datos espaciales aparece también la cuestión de la “escala”. Los datos geográficos dan lugar a lecturas espaciales que con frecuencia no son indiferentes a si esperan ser abordados con miradas que tomen como unidades de representación cada vivienda, la cuadra, el barrio, el municipio, la provincia o el país entero. Esta cuestión de la escala condiciona todo el ciclo de vida de los datos espaciales sociales, tanto por el tipo de recursos y herramientas requeridos para producir la información en cada una de estas escalas, como por el uso que cada escala admite y supone.

Finalmente, una característica que es propia de los datos sociales de Argentina, y cuya comprensión es un requisito indispensable para su aplicabilidad en el análisis de las coyunturas más simples a contemplar, es la complejidad de la relación jurisdiccional y administrativa del país. Estando esto plenamente desarrollado en otra bibliografía (Vapñarsky, 2004), cabe mínimamente mencionar que en el país las diferentes áreas de la administración (salud, justicia, sanitaria, estadística, entre otras) no han pasado ninguna por un proceso de estandarización de sus áreas territoriales, por lo que cada una de ellas deriva en recortes específicos de territorios y problemáticas.

SOBRE LOS “MEDIOS”

Las investigaciones sobre tecnología y ciencia han sido muy insistentes en señalar que la acción social e individual de las personas se transforma y cobra sentido en el despliegue de los medios (“mediadores”) que adopta (Latour, 2008). En el marco de estas líneas de reflexión es que parece conveniente dar cuenta de los canales de circulación y puesta a disposición que es posible reconocer para los datos geográficos sociales en el ámbito nacional.

Los datos abiertos espaciales en la Argentina

En los últimos 15 años, en la Argentina han prosperado diversas iniciativas de publicación de datos abiertos. Bajo este término, fueron actores mayoritariamente estatales quienes logra-

ron poner a funcionar portales de publicación de datos, en muchos casos georreferenciados. Esta idea del “dato abierto” como aquel que se encuentra para descarga directa, sin necesidad de una solicitud o justificación para su uso, supone un giro radical en la tradición estatal de cómo manejarse con la información bajo su dominio.

En particular sobre los datos espaciales, el modelo principal de publicación que tuvo lugar fue el articulado por IDERA (una red estatal de instituciones productoras de información espacial), red que fomentó un esquema de publicación descentralizada (en ‘IDES’ institucionales) (Stiefel, 2010; Miraglia, 2017), impulsando una idea que era frecuente en los primeros años de internet de “a cada institución, un servidor”.

Esta estrategia descentralizada para la publicación de datos enfrenta en nuestra realidad institucional enormes dificultades para sostenerse operativa, los cuales incluso cuando pueden ser sorteados presentan a los usuarios el desafío de rastrear la información entre un número extenso de páginas y servidores.

“Nuevas” plataformas globales de publicación de contenidos

A nivel mundial, y casi en simultáneo a la creación de IDEs institucionales en el país, se registra la consolidación a nivel mundial de servicios pagos de plataformas para la publicación de información. En el campo de los datos espaciales, estos proveedores de servicios ofrecen facilidades que pueden ser gratuitas en versiones limitadas, y que dan la posibilidad de poner a disposición visualizaciones espaciales en forma relativamente simple.

Estas plataformas presentan varias complicaciones a la hora de ser pensadas como servicios para la visualización de datos sociales abiertos: por no estar orientadas a la publicación de fuentes para ciencia abierta, la inclusión de metadatos suele ser opcional; la descarga no siempre es posible; no es posible segmentar la información por criterios administrativos estándar de nivel nacional (ej. provincias, municipios, barrios); priorizan la idea de capas visuales por sobre la cuantificación de indicadores. Si bien varios de estos problemas también ocurren en las IDEs, el carácter fragmentario del modelo de publicación de estas plataformas (a cada usuarios su mapa) hace trabajoso –cuando no imposible– pensar en poder dar una mirada multidimensional a problemáticas específicas a partir de datos puestos a disposición por diferentes usuarios.

ALGUNAS REFLEXIONES

La descripción de estos tres niveles (actores, datos y medios) vino inspirada en la posibilidad de abrir un diálogo con relación a las implicancias políticas y colectivas de la circulación de datos geográficos y sociales. ¿Quiénes producimos datos? ¿Cómo los usamos? ¿En qué mediadores nos apoyamos para su reproducción? ¿Qué rastros dejan estos mediadores en estas acciones? ¿Qué recepción debe tener la información? ¿Cuál es el mejor modo de facilitarla?

Estos actores, tipos de datos y medios se hicieron visibles en la experiencia de construcción y puesta en uso de una plataforma colaborativa de datos sociales para Argentina. Lejos de ser esta plataforma el final del camino, o un punto de llegada libre de problemas, es un intento sostenido de atender de manera directa a varios de los obstáculos estructurales que estos niveles suponen aún hoy.

Reforzar institucional, técnica y sustantivamente una plataforma colaborativa de datos sociales de la Argentina se apoya en estos diagnósticos, y su discusión explícita y franca puede seguramente permitir sortear obstáculos que puedan permitirle como estrategia mejorar las condiciones de acceso y publicación de datos geográficos.

REFERENCIAS

- Bosque Sendra, J. (2005). Espacio geográfico y ciencias sociales. Nuevas propuestas para el estudio del territorio. *Investigaciones Regionales*, 6, 203-221
- Latour, B. (2008). *Reensamblar lo social*. Manantial: Buenos Aires.
- Ley n° 26.899. Ley de Repositorios Institucionales. Portal oficial Leyes Argentinas (<https://www.argentina.gob.ar/normativa>), 2013.

Ley n° 27.275. Ley de Acceso a la Información Pública. Portal oficial Leyes Argentinas. (<https://www.argentina.gob.ar/normativa>), 2016.

Miraglia, M. (2017). La Infraestructura de Datos Espaciales del Conurbano Bonaerense (Argentina). *Persona y Sociedad*, XXXI(1), 103-125.

Stiefel, M.L. (2010). La Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe. *I Congreso Uruguayo de Infraestructura De Datos Espaciales*, Montevideo, Uruguay.

Vapñarsky, C.A. (2004). Cuando el caos caracteriza la división oficial del territorio del Estado. A propósito de los municipios argentinos. *Población de Buenos Aires*, 1(1), 9-31.

¿EXISTE UNA RELACIÓN ENTRE EL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y LA EXPANSIÓN URBANA? ANÁLISIS DE LA DINÁMICA URBANA EN EL AMGR ENTRE 1990 Y 2010

Federico Carlos Arias

Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Territorial y del Hábitat Humano (IIDTHH). CONICET - UNNE

Oswaldo Daniel Cardozo

Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Territorial y del Hábitat Humano (IIDTHH). CONICET - UNNE

Estefanía Meza Torres

Facultad de Humanidades. UNNE

Paula Eugenia López

Facultad de Humanidades. UNNE

Palabras clave: Cobertura de la tierra; Crecimiento urbano; Imagen satelital; Detección de cambios

INTRODUCCIÓN

La urbanización es un proceso que en la literatura comúnmente se encuentra asociado a la perspectiva demográfica, que implica la concentración de las personas en áreas urbanas. A pesar de que es una de las más utilizadas, existen otras perspectivas sobre este proceso que vale mencionarlas. En este sentido, Friedman (como se citó en Gregory et al., 2009) reconoce además de la perspectiva demográfica (antes mencionada) la económica y la sociocultural. La primera de ellas, está vinculada con las actividades económicas comúnmente asociadas con la ciudad, aunque no excluye del mismo, actividades rurales lindantes con la urbe, mientras que la segunda toma en cuenta los modos en que viven las personas en las zonas urbanas. En la misma línea, un fenómeno íntimamente relacionado al de urbanización es el de crecimiento urbano. Este proceso implica el incremento de lo urbano (tejido urbano), en otras palabras, la expansión de la ciudad en forma espacial y demográfica en un periodo de tiempo (Battha, 2012; López Trigal, 2015).

Ahora bien, el incremento de la urbanización y el crecimiento urbano disperso (*urban sprawl*) acarrearán problemas diferentes en la ciudad, sean estos de tipo medioambientales (ocupación de zonas inundables), sociales (acceso a la vivienda) que los organismos gubernamentales no pueden solucionar o contener, en algunos casos por la propia impericia y en otros por el escaso conocimiento respecto a los factores que influyen en estos procesos dinámicos.

Para reconocer los cambios experimentados en las zonas urbanas enmarcado en la línea geográfica espacial-cuantitativa, se han instrumentado hace varias décadas en la literatura la utilización de imágenes de satélites como insumo clave para medir la dinámica de la mancha urbana, cuya metodología es comúnmente conocida como detección de cambios. Esta perspectiva implica la selección de imágenes de satélites en diferentes fechas (años o meses) con el fin de comparar los cambios ocurridos en la cobertura y uso de la tierra. Para lograr esto, es necesario realizar una clasificación digital de las imágenes con el fin de reconocer las coberturas que en ella se encuentran (por ejemplo, cuerpo de agua, área edificada, vegetación, etc) y que

mediante diferentes algoritmos de clasificación se asignan a cada píxel una clase en función de diferentes criterios (probabilísticos, distancias, etc), obteniendo un resultado determinado que es validado a través de una matriz de confusión.

De la metodología planteada surgen resultados sobre las superficies de las coberturas en diferentes fechas que son comparados con el fin de advertir los cambios y el grado de los mismos (intensidad del cambio). En este sentido, centrados en la cobertura urbana se pueden identificar zonas que van siendo ocupadas por la población y los riesgos que pueden acarrear no solo en términos ambientales sino en términos sociales (por ejemplo: la ocupación de tierras que impacta en la dinámica del mercado inmobiliario formal e informal).

El breve marco teórico-metodológico invita a reflexionar respecto a los cambios espaciales que han ocurrido en las zonas urbanas. En este sentido, el Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR), viene experimentando en los últimos 30 años un acelerado crecimiento espacial en su tejido urbano, tanto en sentido horizontal como vertical. El factor clave para este crecimiento ha sido la propia dinámica del mercado inmobiliario que propició el incremento de los edificios en altura (en su mayoría para fin residencial) en el macrocentro de la ciudad, la venta de terrenos a precios siderales en el sector norte (creación de barrios privados) y la ocupación de tierras informales al sur (producto de los precios elevados en zonas con buenos servicios).

Existen varios trabajos previos que analizan tanto el crecimiento demográfico como la expansión urbana en superficie del AMGR desde distintas ópticas, pero no precisamente con la delimitación y las técnicas de detección del cambio aquí utilizada, pero puede ser considerada como un complemento al trabajo de (Vera et al., 2018; Cardozo y Bondar, 2019; Cardozo et al., 2021).

OBJETIVO

El área de estudio corresponde al Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR), un conglomerado urbano de cuatro municipios ubicado en el oriente del Chaco, organizados en torno a la ciudad de Resistencia, capital de la provincia (figura 1).

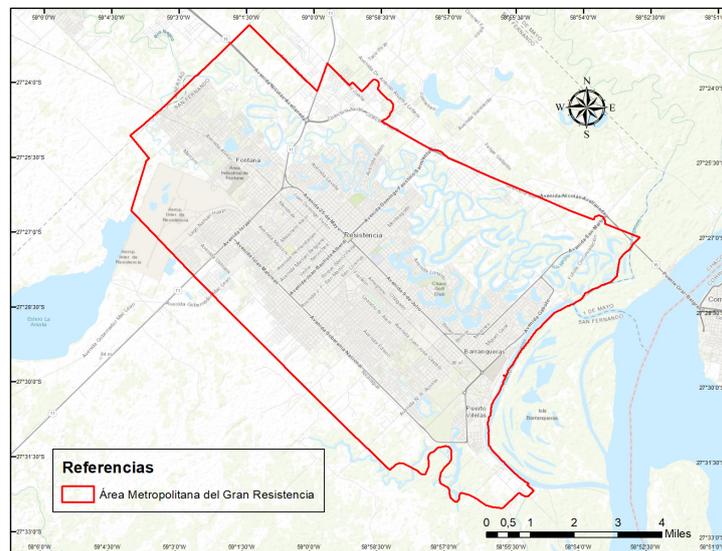


Figura 1. Ubicación Geográfica del Área Metropolitana del Gran Resistencia
Fuente: elaboración personal con base a datos del INDEC (2010)

El objetivo del presente trabajo es explorar el grado de relación existente entre el crecimiento demográfico y la expansión de la mancha urbana en el AMGR en un periodo de 20 años. Para ello se pretende identificar las coberturas de la tierra, especialmente la urbana o construida, en base a imágenes satelitales clasificadas correspondientes a 1990 y 2010.

METODOLOGÍA

En este caso, la delimitación del Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR), corresponde a la realizada en 2001 por el INDEC de la República Argentina, la cual fue utilizada en trabajos anteriores.

Acorde a la idea de detectar cambios en un determinado periodo de tiempo (20 años), la única plataforma satelital disponible es Landsat. Se utilizaron imágenes pertenecientes a distintas versiones de la plataforma: Landsat 5 MSS para el año 1980 (11 de septiembre), y Landsat 5 TM para el 2010 (28 de octubre), obtenidas del servidor de imágenes *Earth Explorer* del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Posteriormente se procedió a las correcciones geométricas y radiométricas de las imágenes. Según Jensen (2015), denomina a estas operaciones como pre-procesamiento, ya que se realiza antes de la extracción de información de las imágenes satelitales. El ajuste realizado descarta irregularidades presentes dentro de la imagen, ocasionadas por diversos factores que influyen al momento de la creación de las mismas. La corrección radiométrica mejora la precisión de la emitancia o de reflectancia espectral de la superficie, mientras que la corrección geométrica ajusta las medidas reflejadas y/o emitidas en productos derivados con ubicación planimétrica adecuada. Finalizadas las correcciones y con la intención de identificar el área urbana y reconocer la expansión de la misma, se procedió a la creación de la composición de imagen, que involucra las bandas 7-4-2/R-G-B.

Ya dentro de la etapa del tratamiento digital, se efectuó la clasificación supervisada de las imágenes satelitales, donde los niveles digitales de los píxeles de la imagen son agrupados e interpretados en función de categorías. Este método es propicio cuando el área de estudio es conocida, de modo que se puedan definir previamente las áreas de entrenamientos (Chuvieco, 2010). En esta etapa se realizó un muestreo de clases (definidas por píxeles representativos de las coberturas) para asignar los píxeles desconocidos a una clase determinada, mediante el algoritmo de máxima verosimilitud¹. En la misma línea, en la figura 2 se muestra la separabilidad de las firmas espectrales de las muestras generadas para llevar a cabo la clasificación.

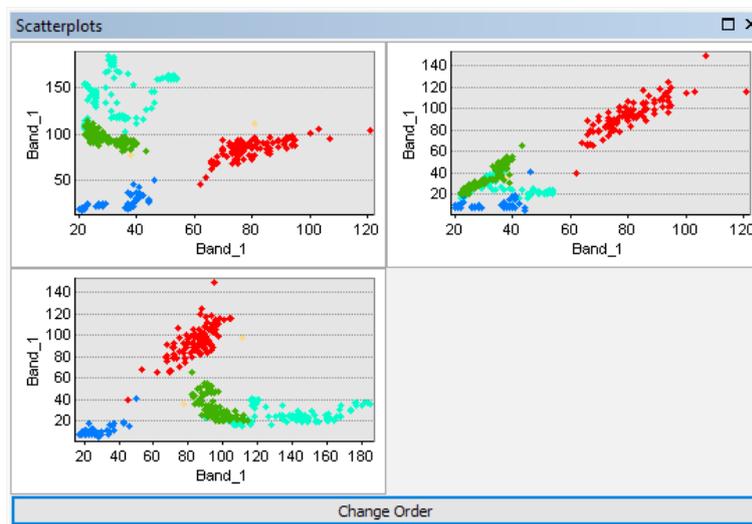


Figura 2. Gráfico de separabilidad de las firmas espectrales de las muestras generadas para la clasificación

Fuente: elaboración personal

Las categorías reflejan ciertos atributos, como ser la presencia/ausencia de vegetación, condiciones edáficas (terrestres, anegable, acuática) y tipo de cubierta (natural, artificial), lo que permite la generación de clases de jerarquización, facilitando una organización competente

¹ En este método, los niveles digitales que presenta cada clase son representados en una distribución normal, lo que posibilita que las muestras sean asignadas a una determinada categoría -mediante parámetros de probabilidad-, a partir de vectores de medias y matriz de varianza-covarianza (Chuvieco, 2010).

para analizar los usos de la tierra en un área particular. Para evitar el clásico problema de disparidad en las leyendas al momento de realizar el inventario de coberturas, se utilizó el sistema de clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2005) cuyo esquema básico de coberturas se compone de siete categorías en su primer nivel (tabla 1).

Identificador	Nombre	Abreviatura
1	Área Terrestre Cultivada	ATC
2	Vegetación Natural Terrestre	VNT
3	Vegetación Natural Regularmente Inundada	VNRI
4	Superficie Desnuda	SD
5	Superficie Artificial	SA
6	Cuerpo de Agua Artificial	CAA
7	Cuerpo de Agua Natural	CAN

Tabla 1. Sistema de clasificación de coberturas en nivel 1 de la FAO (Land Cover Classification System, LCCS)
Fuente: FAO (2005)

En la clasificación final se omitió la primera categoría debido a que no se detectaron superficies importantes dedicadas a los cultivos, mientras que las categorías 6 y 7 fueron agregadas solo en cuerpo de agua (CA), independientemente de su origen natural o antrópico.

RESULTADOS

En este apartado se presentan algunos productos que resultaron del tratamiento digital y clasificación de las imágenes satelitales, así como su relación con los datos demográficos del área de interés.

La composición en falso color 7-4-2/R-G-B, es muy buena para identificar áreas urbanas que aparecen en tonos magenta, diferenciándolo claramente de los pastizales en verde claro o el verde oliva para la vegetación arbórea natural que predomina en el área de estudio (figura 3).

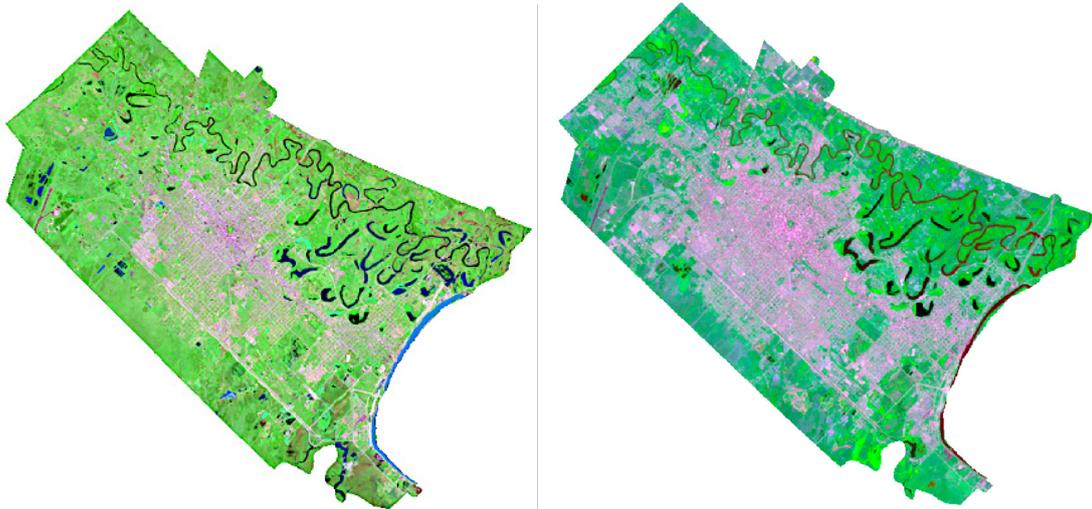


Figura 3. Composiciones en falso color del AMGR para los años 1990 (izquierda) y 2010 (derecha)
Fuente: elaboración personal

Por otro lado, la cartografía de coberturas de la tierra es un tipo de representación particular, porque a pesar de mostrar solo información temática, constituye un verdadero inventario del territorio, a partir del cual es posible analizar su dinámica a partir de los cambios detectados entre dos o más cortes temporales.

La comparación de los mapas de coberturas de la tierra, en particular la definida como Superficie Artificial (SA) en el sistema LCCS de FAO y que hace referencia al espacio urbanizado, indica una variación del orden del 30% (figura 4). Respecto a la evolución demográfica del área de estudio, según los censos nacionales de población realizados por el INDEC en 1991 y 2010, el Gran Resistencia contaba con 220.104 y 385.726 habitantes respectivamente, lo que representa una variación porcentual del 75,2%.

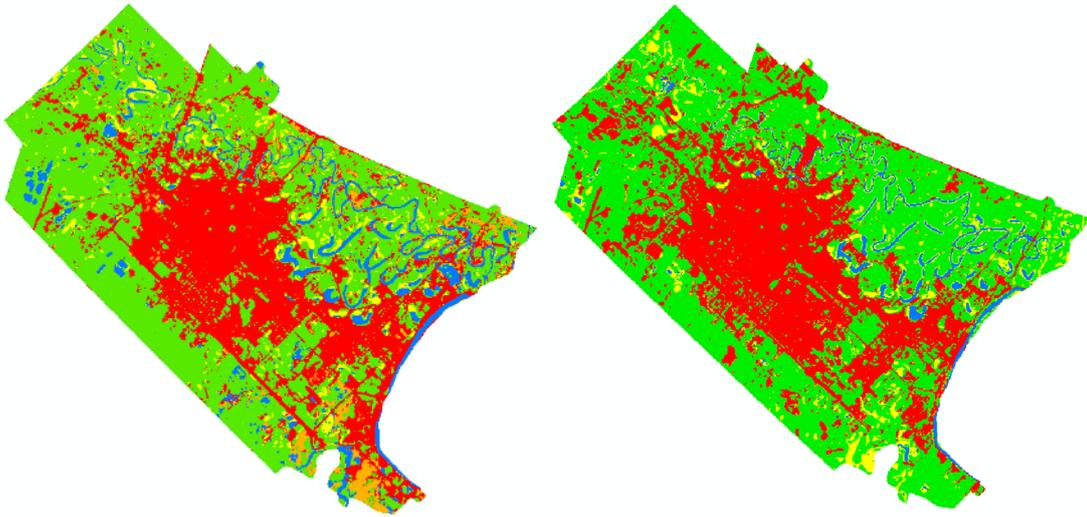


Figura 4. Coberturas de la tierra del AMGR para los años 1990 (izquierda) y 2010 (derecha)
Fuente: elaboración personal

AGRADECIMIENTOS

PI 17H016: Detección y medición de cambios en las coberturas y usos de la tierra en la Provincia del Chaco mediante Tecnologías de Información Geográfica en el periodo 1990 y 2020, financiado por la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste.

REFERENCIAS

- Bhatta, B. (2012). *Urban Growth Analysis and Remote Sensing a Case Study of Kolkata, India 1980–2010*. Kolkata, India: Springer.
- Cardozo, O.; Vera, C. y Godoy, R. (2021). Detección de Cambios en las coberturas de la tierra en el Gran Resistencia entre 1990 y 2020. *GeoHoy*, (04). En prensa.
- Cardozo, O. y Bondar, C. (2019). Dinámica de las Coberturas de la tierra en el Área Metropolitana del Gran Resistencia entre 1990 y 2019. *XVII Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Universidad Nacional de Luján (UNLu). Luján, Argentina.
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio*. Ariel: Madrid
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2005). *Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra. Conceptos de Clasificación y manual para el usuario*. 8va Serie. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/008/y7220e/y7220e00.htm>
- INDEC (1991). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas.
- INDEC (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas.
- Jensen (2015). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 4th Edition. Carolina: Pearson.
- López Trigal, L. (2015). *Diccionario de geografía aplicada y profesional: Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*. León, México: Universidad de León.
- Vera, C.; Pérez, R.; Arias, F. y Cardozo, O. (2018). Tratamiento y análisis de imágenes aéreas históricas (1935-1962) en el Área Metropolitana del Gran Resistencia, provincia del Chaco. *V Jornadas Nacionales de Investigación en Geografía Argentina*. CIG-IGEHCS-UNCPBA/CONICET. Tandil, Argentina.

INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES PARA LA GESTIÓN MUNICIPAL

Alejandro Luis Puchet
Instituto Geográfico Nacional

Palabras clave: Información geoespacial; IDE; Gestión municipal

Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) permiten acceder a información, productos y servicios geoespaciales, publicados bajo estándares y normas que aseguran su interoperabilidad y usabilidad. Las IDE posibilitan organizar la información en función de las incumbencias de los diferentes organismos que la producen y publican. De esta forma, tienden a evitar la duplicación de esfuerzos y trabajar de forma integrada, potenciando las capacidades específicas de cada institución.

Entendemos a la IDE como una unidad de gestión de información geoespacial en sus diversos formatos (vectorial y raster), vinculada a geoservicios y geoprosesos. Por ende, el núcleo de una IDE es la comunidad de actores que generan, utilizan y mantienen dicha información geoespacial; junto a un conjunto de políticas, normativas, estándares, aplicaciones e infraestructura tecnológica.

En este sentido, como funciones básicas de una IDE podemos destacar: a) la coordinación de la integración, sistematización, actualización y publicación de información geográfica, en el marco de una institución; b) la gestión de información geoespacial sistematizada e integrada a partir de catálogos de objetos geográficos y de metadatos; c) la administración de herramientas para la producción, edición, análisis y visualización de la información geoespacial y geoservicios; d) la administración de plataformas web para la publicación de información geoespacial, a fin de facilitar su acceso a múltiples usuarios, a través de un geoportail, un visor de mapas y geoservicios.

Por su parte, la información geoespacial está conformada por objetos geográficos georreferenciados, junto a sus atributos y relaciones espaciales. Este tipo de información es fundamental para incorporar la dimensión territorial al análisis sobre diferentes temáticas de interés, como son las sociales, económicas, ambientales, políticas, entre otras. Asimismo, analizar estas variables espacialmente es esencial para la toma de decisiones, tanto en el ámbito gubernamental como en el empresarial.

En esta línea, la planificación estratégica territorial, en particular, y el diseño de políticas públicas, en general, requieren información geoespacial actualizada, precisa y oportuna; con el fin de realizar análisis multivariados y multitemporales, relacionando diferentes objetos geográficos, diagnosticando los problemas a resolver y poder determinar las soluciones posibles.

Desde el año 2011, la División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas (UNSD) reconoció la necesidad de promover la cooperación internacional en el campo de la información geoespacial global, ya que decidió crear el Comité de Expertos en Gestión Global de Información Geoespacial (UN-GGIM) a partir de la Resolución ECOSOC 2011/24. En esa misma línea, en el año 2013 se estableció el comité regional UN-GGIM: Américas, cuya meta es tomar las medidas necesarias para maximizar los beneficios que se puedan obtener a partir del uso de información geoespacial basada en el conocimiento y el intercambio de experiencias y tecnologías que permitan el desarrollo de la Infraestructura de Datos Geoespaciales en los países de América.

Si consideramos el caso de nuestro país, la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) puede ser entendida como una comunidad de productoras/es y usuarias/os de información geoespacial, cuyo objetivo es propiciar la publicación de datos, productos y servicios de manera eficiente y oportuna como un aporte fundamental a la democratización del acceso a la información producida por el Estado y diversos actores no gubernamentales. La iniciativa IDERA está conformada por representantes del Estado nacional, provincias, municipios y universidades nacionales, que trabajan de forma participativa en la generación de normas, estándares, información y herramientas contribuyendo al proceso de toma de decisiones en los ámbitos públicos, privados, académicos, no gubernamentales y de la sociedad civil.

En la actualidad, a los gobiernos municipales se les plantea el desafío de ampliar y mejorar la producción y administración de información geoespacial, con el fin de optimizar el diseño, planificación, coordinación e implementación de políticas públicas. A partir de esta premisa y en el marco de las tendencias internacionales sobre gestión de la información geoespacial ya mencionadas, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) elaboró el proyecto Desarrollo e implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales para la gestión municipal, que busca dar respuesta al desafío planteado en diez (10) gobiernos locales de diversas provincias de la Argentina.

Dicho proyecto se propone generar un dispositivo que brinde conocimientos, prácticas, herramientas y tecnologías destinados a la administración de la información geoespacial en el ámbito municipal; con el fin de mejorar la performance del gobierno local en la gobernanza, en general, y en la ejecución de políticas públicas, en particular, teniendo en cuenta la dimensión territorial.

Entonces, en el caso de la gestión municipal, el potencial del desarrollo e implementación de una IDE busca obtener una serie de beneficios en diversas temáticas, como los que se sintetizan a continuación:

- » Planificación estratégica territorial
- » Vigilancia Epidemiológica
- » Catastro e ingresos públicos
- » Infraestructura y servicios públicos
- » Servicios sociales, educativos y culturales
- » Gestión ambiental
- » Protección civil y gestión del riesgo de desastres

En el presente trabajo, siendo partícipes de la iniciativa en curso del Proyecto Desarrollo e implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales para la Gestión Municipal, nos planteamos compartir y comunicar a la comunidad geográfica sus objetivos, alcances, estrategia metodológica y resultados esperados; así como los avances logrados en los casos de los gobiernos locales seleccionados.

Por último, consideramos que reflexionar sobre nuestra práctica en el proceso de desarrollo y puesta en funcionamiento de una IDE municipal, nos permite revisar, repensar y realizar los ajustes necesarios con el fin de focalizar el trabajo y los recursos, retroalimentar futuras experiencias y sobre todo promover la sinergia entre el ámbito académico y los organismos científico-técnicos estatales.

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA SEGREGACIÓN SOCIAL A PARTIR DE DATOS DE TELEFONÍA MÓVIL: EL CASO DE MEDELLÍN (COLOMBIA)

Juan Carlos García Palomares
Universidad Complutense de Madrid

Borja Moya-Gómez
Universidad Complutense de Madrid

Marcin Stepniak
Universidad Complutense de Madrid

Enrique Frías-Martínez
Universidad Complutense de Madrid. Telefónica Research, Madrid, España

Javier Gutiérrez Puebla
Universidad Complutense de Madrid

RESUMEN

La segregación social es un tema de gran tradición en los estudios urbanos. Por lo general, los estudios de segregación social se centran en su dimensión residencial, aprovechando los registros oficiales (por ejemplo, datos censales), que reflejan la distribución de la población

durante la noche. Sin embargo, estos estudios ignoran que la población de las ciudades es muy móvil y que su distribución espacial cambia dramáticamente entre la noche y el día. El advenimiento de nuevas fuentes de datos (*Big Data*) permite analizar cambios temporales en la segregación social de forma dinámica, considerado este fenómeno como un proceso. En este estudio utilizamos datos de telefonía móvil para analizar los cambios en la segregación social entre la noche y el día, utilizando como área de estudio una ciudad muy segregada socialmente (Medellín, Colombia), en la que se están desarrollando decididas políticas de integración social dirigidas a la población de los barrios más desfavorecidos. Se utilizan varios indicadores de segregación social de forma complementaria y se calculan también indicadores de movilidad que contribuyen a explicar los cambios en la segregación espacial entre la noche y el día. La principal conclusión del estudio es que los movimientos diarios de población entre barrios producen el efecto de disminuir la concentración de cada grupo dentro de cada barrio y aumentar el grado de mezcla social (exposición) en los entornos locales. Esa mayor mezcla social hace que se suavicen los contrastes locales (*outliers*) y aumente la extensión de los *clusters* espaciales (autocorrelación espacial positiva), con lo que emergen de forma más evidente las tendencias generales de *clustering*. El estudio también pone de manifiesto que el aumento de la exposición durante el día se produce sobre todo por efecto de la movilidad de la población de los estratos sociales con menor nivel de ingresos, que la que más abandona su barrio durante el día, se desplaza a un mayor número de barrios y recorre mayores distancias.

Palabras clave: Segregación social; Datos de telefonía móvil; Estadística espacial; Medellín (Colombia)

DETERMINACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO SANITARIO EN LOMAS DE SARGENTILLO, ISIDRO AYORA Y PEDRO CARBO, PROVINCIA DEL GUAYAS

Javier Sandoya Man Ging
Universidad Agraria del Ecuador

Jorge Coronel Quevedo
Universidad Agraria del Ecuador

Renato Arévalo León
Universidad Agraria del Ecuador

La generación de residuos sólidos está relacionada directamente al crecimiento poblacional y al desarrollo urbano de la sociedad, el aumento de la cantidad de residuos se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales a resolver por parte de los GAD's. En el presente estudio se planteó determinar áreas óptimas para un relleno sanitario mediante análisis espacial de geoinformación para la planificación de la gestión ambiental mancomunada de Lomas de Sargentillo, Isidro Ayora y Pedro Carbo, en la provincia del Guayas.

En dichos cantones los vertederos no se construyeron conforme a criterios técnicos establecidos en la Norma de calidad. Se encuentran en zonas próximas a cultivos, incidencia de animales domésticos, habitantes, e incluso en cercanía a cuerpos de agua.

Al año base del presente estudio 2022, los tres cantones de estudio suman una generación promedio diaria de 43.13349 toneladas de residuos sólidos; la producción diaria proyectada al año 2040 sería de 64.66861 toneladas, lo cual significa un aumento de 21%, dando un acumulado de 368750,1 toneladas al año final de proyección.

El método de análisis jerárquico permitió clasificar la información conforme a la importancia que posee cada criterio. Los valores relativos de la matriz revelaron que los criterios más influyentes son la distancia a cuerpos hídricos y acuíferos con 27 y 23% respectivamente. El resto de criterios ocupan una importancia entre el 6 al 17%.

La metodología en un análisis de decisión multicriterio con combinación lineal ponderada (WLC), basada en Sistema de Información Geográfica (GIS). Se analizaron ocho variables: ti-

pos de suelo, grado de pendiente, precipitación, distancia a zonas urbanas, escolares, cuerpos hídricos, fallas geológicas y acuíferos. El área óptima requerida proyectada a la población del año 2040 para la disposición final de residuos en un relleno sanitario mancomunado en los cantones de estudio se estimó en 10,79 hectáreas, resultando de la sumatoria del área requerida por cada cantón, con una vida útil de 19 años.

Conforme a los valores de mayor ponderación por criterio reveló que de las 149650 ha, área total de estudio, 3097,33 ha presentan características óptimas para la construcción de un relleno sanitario mancomunado, representando el 2,07% de la extensión total de estudio. Se determinaron trece áreas con potencial para la construcción de un relleno sanitario, y cinco como áreas óptimas conforme a los criterios técnicos analizados.

Según los criterios de geoprocesamiento y el Índice de Gravelius de las trece áreas determinadas conforme a los mayores valores de ponderación, solo cinco se reconocieron como óptimas, siendo la menor extensión de 68 ha y la mayor de 616 ha

Palabras clave: Cápita; Hídrico; Influencia; Mancomunado; Vertederos

IMPACTOS DE LA PANDEMIA DE COVID-19 EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE HOMICIDIOS EN BELO HORIZONTE (BRASIL)

Rafael Mazoni Andrade
Observatorio de Seguridad Pública

El objetivo de este trabajo es presentar un análisis espacio-temporal de los impactos de la pandemia COVID-19 en la ocurrencia de homicidios en Belo Horizonte, Minas Gerais.

Los datos relacionados con las ocurrencias se obtuvieron de su origen oficial, tratados y analizados a partir de la agrupación en clústeres realizada por el algoritmo DBSCAN.

Con la media móvil de enero de 2012 hasta marzo de 2020, se realizó una simulación para el mes de abril de 2020, el primer mes completamente cubierto por las medidas de contención de la pandemia.

Al comparar los datos de simulación -que representan lo que habría sucedido si no hubiera impacto de la pandemia- con los datos observados en abril de 2020, se observó una reducción más significativa en tres de los 18 grupos. Por otro lado, hay un resurgimiento de la violencia letal contra las personas en cuatro de los 18 grupos.

A partir de las definiciones de los clústeres, los datos de seguridad pública, socioeconómicos y de salud de cada uno de ellos fueron analizados a partir de un modelo de regresión lineal.

Dentro de la dimensión de los datos de seguridad pública, cabe señalar que la presencia de proyectos de prevención municipal y la presencia de bases policiales móviles influyen en la reducción de homicidios. Sin embargo, estar en un radio de la base policial y recibir proyectos del gobierno del estado (como el “*Fica Vivo!*”) no son suficientes para predecir una reducción en el número de homicidios. El cambio en la tendencia de homicidios en los 18 grupos analizados está fuertemente asociado con la densidad de población. Además, un número promedio de habitantes por hogar aumenta las posibilidades de observar un aumento en el número de homicidios. En cuanto a la desigualdad de ingresos, hay una influencia muy pequeña. La mayor presencia de ancianos y jóvenes predice el aumento en el número de homicidios. La tasa de casos de COVID-19 puede predecir la reducción de homicidios. Sin embargo, la tasa de muertes debidas al COVID-19 tiene una influencia contraria en los datos.

CALIDAD DEL VIARIO URBANO Y VULNERABILIDAD SOCIAL: UN ANÁLISIS CON SIG DESDE LA JUSTICIA ESPACIAL PARA EL CASO DE LA CIUDAD DE SANTA FE DE LA VERA CRUZ, ARGENTINA

Andrea Bosisio

Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral

Antonio Moreno Jiménez

Dpto. Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Madrid

INTRODUCCIÓN

Tanto la equidad espacial como la cohesión espacial dentro de la ciudad, son pilares fundamentales del desarrollo económico y social por cuanto, entre otros aspectos, requieren unas condiciones satisfactorias para la vida de los ciudadanos. La vasta literatura sobre ello estipula que tales principios deben ser incorporados en la planificación y gestión de los transportes y la movilidad metropolitanos (Chen, 2007; Thomopoulos et al., 2009; Rodrigue et al., 2013), propiciando una inclusión social sustentable mediante la igualdad de acceso a los “bienes” y servicios (Sanchez y Wolf, 2007, p. 252). De este modo, la construcción de infraestructuras de transporte o las mejoras en la red existente redundarán en mejoras de accesibilidad, especialmente en las áreas periféricas (Litman, 2002; Saghapour et al., 2016), en las cuales tanto la densidad poblacional y dotacional es menor, al tiempo que contienen, particularmente en las ciudades latinoamericanas, una abundancia de grupos demográficos con mayores privaciones. Ello fomentaría, además, la integración de la actividad económica en la totalidad del espacio urbano (Preston y Rajé, 2007; Calvo-Poyo et al., 2019).

El modelo de transporte es uno de los articuladores esenciales del modelo territorial, buscándose potenciar primordialmente una movilidad sostenible y equitativa (Jaramillo et al., 2012; Welch y Mishra, 2013; Bullard et al., 2007; Gutiérrez et al., 2015). Numerosos autores sugieren considerar ciertos indicadores al momento de evaluar su estado y plantear mejoras que se adecúen al diseño urbano y faciliten tanto su implementación, como su utilización (Páez et al., 2012; Lattman et al., 2018; Cardozo et al., 2010).

Partiendo de esas premisas, en el presente trabajo se analizará la calidad de los materiales de la calzada en el viario público de la ciudad de Santa Fe, como indicador que afecta al transporte y movilidad ciudadana, con el fin de confrontarla luego con un indicador de vulnerabilidad y privaciones de la población por zonas y dilucidar la posible discriminación e injusticia espacial.

CUESTIONES METODOLÓGICAS

El ámbito estricto de estudio fue el “área urbana poblada” (AUP) de Santa Fe para la cual se construyó una base de datos en SIG, incluyendo una capa vectorial de la red vial realizada por la Municipalidad de la Ciudad de Santa Fe (MCSF) con datos relevados en 2015, y datos estadísticos poblacionales registrados para 399 radios censales (RC) urbanos (INDEC, 2013). Se aplicaron geoprocesamientos y técnicas estadísticas para medir la magnitud de las desigualdades intraurbanas. La hipótesis de inequidad espacial fue testada mediante dos técnicas complementarias: el test de independencia mediante la prueba χ^2 (Siegel, 1976), y la *balanza de la justicia* (Bosisio y Moreno, 2019). La medición de las coincidencias/divergencias espaciales entre indicadores recurrió a varios coeficientes de asociación y correlación estadística: Phi (ϕ), V de Cramer, Contingencia de Pearson, Gamma (γ).

LA CALIDAD DE LA RED VIARIA DE LA CIUDAD DE SANTA FE: UN PATRÓN ESPACIAL CON ESCASA EQUIDAD PARA LOS MÁS VULNERABLES

La red vial de la ciudad de Santa Fe presenta una geometría reticulada con cuatro categorías fundamentales que se diferencian principalmente por su envergadura: ruta o autopista, avenidas, calles y sendas o pasajes. Los materiales utilizados en su construcción correspon-

den a diferentes calidades: el *asfalto* y el *hormigón*, ambos otorgan una gran resistencia a la calzada, pero el primero de ellos además asegura la impermeabilización del pavimento; estas cualidades los hacen ideales para el desplazamiento de todo tipo de rodados. Por otro lado, calles constituidas con una calidad inferior de materiales, poseen un *mejorado* de piedra granítica, o bien están cubiertas de *ripio*, el cual está compuesto mayoritariamente por ladrillo y grava. Estos materiales dificultan la circulación del transporte público y la movilidad peatonal. Una situación semejante aparece en las calles de *tierra o arena*, las cuales tampoco se adecúan para implementar el servicio de autobuses. En adelante se referirá como calzadas de *mejor calidad* a las construidas con materiales de asfalto y hormigón, en tanto que las de *peor calidad* aluden a las de mejorado, ripio, tierra y arena, materiales característicos de los espacios periféricos y marginales, tal como se aprecia en la figura 1.

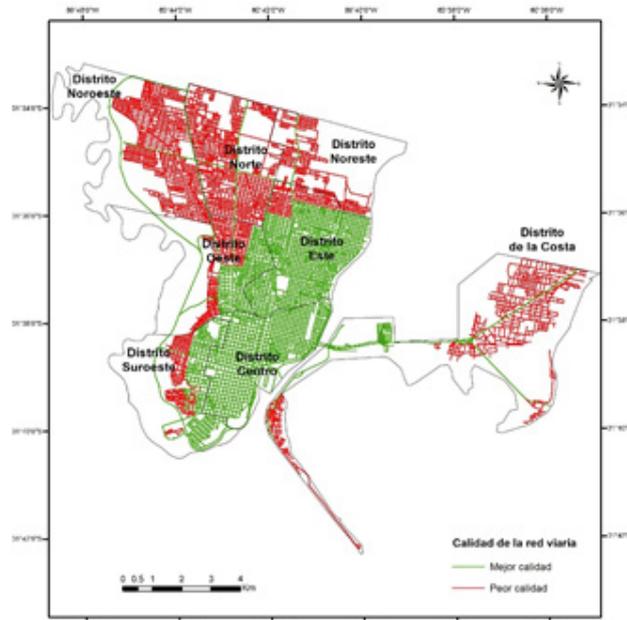


Figura 1. Mapa con los dos niveles de calidad en la red vial en Santa Fe, 2015
Fuente: elaboración personal

Con el objeto de evaluar el grado de agrupamiento o dispersión en el patrón espacial resultante de los diferentes tipos de calzada, se aplicó el índice *I de Moran global* (Goodchild, 1986). Su resultado arroja valores elevados (+0,8, valor $p = 0,00$), lo cual denota un patrón espacial agrupado, claramente concéntrico, siendo el viario público en la zona central de la ciudad más denso y de mejor calidad, ocurriendo lo contrario en la periferia.

Analizando desagregadamente la calidad del viario público por distritos, se observa que los ubicados en el sector norte de la ciudad y la zona costera presentan porcentajes muy elevados de calidad deficiente en la calzada, registrándose un valor máximo de más del 97% para el distrito Noroeste, 95% para el distrito Norte, 93% en el distrito Noreste y 90% en el distrito de la Costa. Una situación equilibrada se aprecia en el distrito Oeste en el cual los porcentajes son muy similares para la peor (49%) y la mejor (50%) calidad de calzada. En tanto, en los distritos Suroeste y Este la mayor proporción se registra en la calidad óptima con valores de 66% y 87% respectivamente. Mención destacada debe hacerse respecto al distrito Centro en el cual la calzada de peor calidad está completamente ausente (figura 2). Aflora pues un patrón desequilibrado y bipolar.

Con el fin de visualizar esta situación con la balanza de justicia espacial, se procedió a dicotomizar en dos intervalos los porcentajes para el viario de baja calidad, quedando así: el primero con porcentajes de esta calidad de viario inferiores al 50%, y el segundo con registros superiores a dicho valor. La situación desfavorable soportada en gran medida por la población con mayor vulnerabilidad y carencias es perfectamente observable en la balanza de justicia

espacial, en donde se evidencia un exceso proporcional de red vial deficiente en las zonas habitadas por este grupo (figura 3) respecto al % en la ciudad.

En resumen, la cantidad de población más vulnerable/carenciada que posee altos porcentajes de viario de mala calidad en su entorno asciende a 136.582 personas, lo cual representa el 95,27% de este grupo sociodemográfico; en contraposición, el grupo menos vulnerable que posee calzada deficiente es un poco más del 24%. Se colige de ello que la diferencia estadística arroja un notable déficit o desequilibrio de 64.129 personas.

Esta situación, notoriamente injusta, influye de forma negativa en la movilidad vehicular dentro de la ciudad, pero sobre todo en la población con mayores carencias y privaciones ubicada en sectores de viario de mala calidad, la cual tendrá inconvenientes tanto en el acceso al transporte público y a los recursos y dotaciones de la ciudad, como así también problemas para que los distintos servicios lleguen a sus hogares. Tal es el caso, por ejemplo, de las ambulancias y taxis que incluso se niegan a ingresar a dichos barrios, dado que los viales no presentan las condiciones adecuadas para tráfico. Se trata, pues de un pernicioso aislamiento derivado de las condiciones urbanísticas existentes.

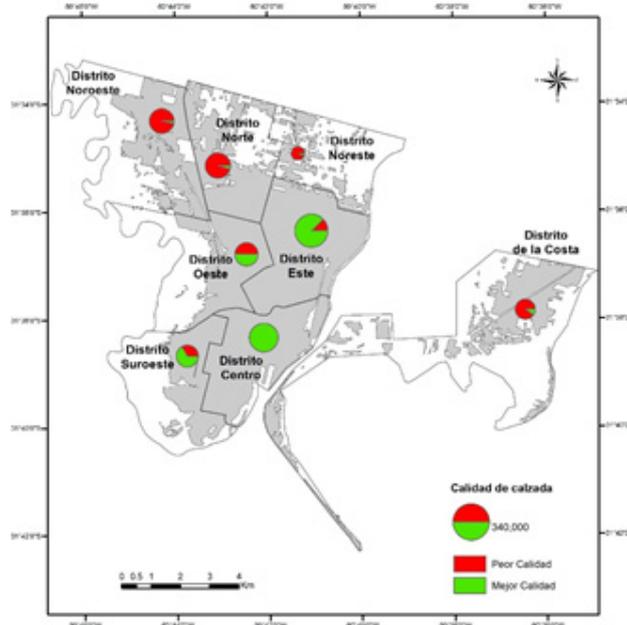


Figura 2. Mapa con el nivel de calidad de las calzadas por distritos administrativos en Santa Fe, 2015
Fuente: elaboración personal

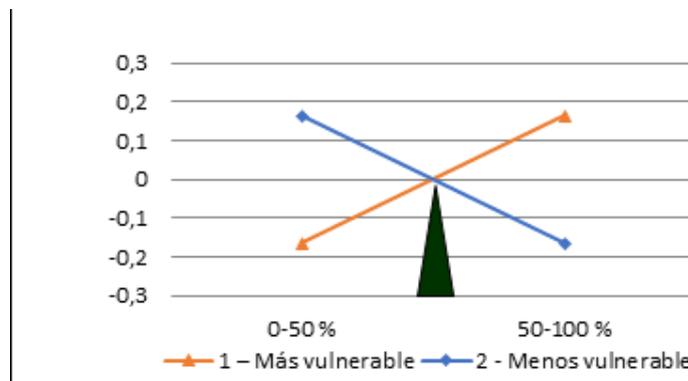


Figura 3. Balanza de la justicia espacial mostrando el reparto de la baja calidad de red vial entre la población más y menos vulnerable en Santa Fe
Nota: Eje Y escalado en proporciones
Fuente: elaboración personal

VISIÓN DE LA DESIGUAL CALIDAD INTRAURBANA DEL VIARIO POR RADIOS CENSALES

El análisis de la relación entre la calidad del viario y la población más vulnerable y con carencias por RC persigue profundizar en el examen de la distribución espacial de ambos indicadores urbanos (uno social y otro urbanístico) a dicho nivel, con el fin de identificar y visualizar las coincidencias y divergencias mutuas mediante un mapa. A tal fin, se ha adoptado el mismo criterio de clasificación mencionado anteriormente el cual agrega los porcentajes de calzada de baja calidad en dos intervalos (0-50% y 50-100%), para luego cuantificar el número de RC (y su superficie) según los grupos poblacionales con mayores y menores carencias y vulnerabilidad.

La cantidad de radios censales con población más vulnerable y carencias es de 100 del total de 399 RC, es decir más del 25% (Bosisio y Moreno, 2020). De ellos la mayoría (92 RC) posee magnitudes elevadas de porcentajes de viario de baja calidad, cuantificándose un déficit respecto a la situación de independencia estadística de 55 RC. En tanto que del total de 299 RC con población favorecida, solamente el 18% posee cifras elevadas de viario deficiente.

El cálculo de la χ^2 como prueba de independencia con un grado de libertad arrojó un valor destacado (174,48, valor $p = 0,00$) posibilitando rechazar H_0 (similitud en la distribución). Esto se corresponde también con los valores obtenidos en los distintos coeficientes de asociación, los cuales también dan cifras notables, particularmente el coeficiente Gamma γ (-0,9). Ello ratifica la tendencia injusta a que las zonas con población más vulnerable posean viario de peor calidad en su entorno.

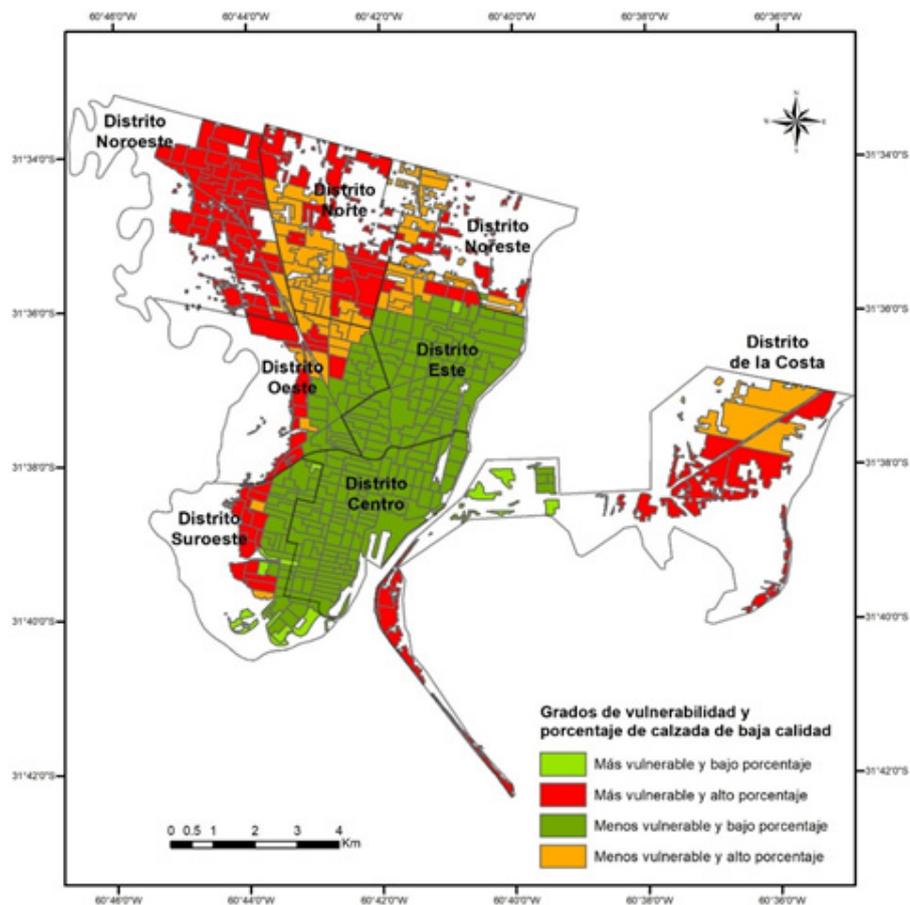


Figura 4. Mapa de clases de RC según el porcentaje de calzada de peor calidad y el nivel de vulnerabilidad/carencias de sus residentes en Santa Fe
Fuente: elaboración personal

Asimismo, se destaca que el 44,29% de la superficie total de la AUP (2.564 hectáreas), ocupada por población menos vulnerable y con buena calidad del viario público, contabiliza una longitud de 15.562 metros en dicho espacio. En contraposición, la superficie ocupada por los

grupos sociodemográficos con mayor vulnerabilidad y con mala calidad de viales totaliza más de 2.027 hectáreas (35%) y más de 379.649 metros de red vial deficiente. Por otro lado, la categoría con población más vulnerable que posee mayoritariamente buena calidad de red vial, así como la del grupo de población menos vulnerable con un elevado registro de viario en malas condiciones, poseen una extensión bastante inferior dentro del AUP, abarcando 142 y 1.056 hectáreas respectivamente.

El patrón espacial resultante (figura 4) evidencia una situación más problemática en el norte y oeste de la ciudad, así como también en su zona costera, donde los RC alojan tristemente población con mayores carencias y vulnerabilidad, así como también un viario de baja calidad que impacta no solo en su grado de acceso al transporte público, sino también en su calidad de vida.

En dicho mapa sintético quedan de manifiesto las zonas de potencial intervención pública prioritaria para paliar las inequidades socioespaciales por esta causa y que plantean un reto en cuanto a cohesión intraurbana.

ACOTACIÓN FINAL

De los análisis realizados se colige que la calidad del viario en la ciudad de Santa Fe está muy desigualmente repartida y que las calzadas más deficientes penalizan, por abundantes, a las zonas periféricas y socialmente más desfavorecidas.

REFERENCIAS

- Bosisio, A. y Moreno Jiménez, A. (2019). Medición de la injusticia ambiental sobre poblaciones vulnerables y carenciadas por anegamientos pluviales: Un análisis en Santa Fe de la Vera Cruz (Argentina) basado en SIG. *Estudios Geográficos*, 80(287), e020. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201937.017>
- Bosisio, A. y Moreno Jiménez, A. (2020). Análisis espacial de indicadores de vulnerabilidad y privaciones sociales basado en SIG: el caso de Santa Fe de la Vera Cruz (Argentina). *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 12(17) Sección I: 1-19.
- Bullard, R.; Johnson, G. y Torres, A. (2007). Confronting transportation sprawl in Metro Atlanta. En Bullard, R. (ed.) *Growing smarter: achieving livable communities, environmental justice, and regional equity*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, United States.
- Calvo-Poyo, F.; Moya-Gómez, B.; García Palomares, J.C. y Gutiérrez Puebla, J. (2019). Efectos sobre la accesibilidad de la red de autovías planeada en el Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (España). *Cuadernos Geográficos*, 58(1), 229-252. doi: <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6732>
- Cardozo, O.; Gutiérrez Puebla, J. y García Palomares, J. (2010). Influencia de la morfología urbana en la demanda de transporte público: análisis mediante SIG y modelos de regresión múltiple. *GeoFocus*, 10, 82-102.
- Chen, D. (2007). Linking transportation equity and environmental justice with smart growth. En Bullard, R. (ed.) *Growing Smarter: achieving livable communities, environmental justice, and regional equity*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, United States.
- Goodchild, M.F. (1986). *Spatial Autocorrelation*, Catmog 47. Norwich: Geo Books.
- Gutiérrez, J.; Naranjo, J.; Jaraíz, F. y Ruiz, E. (2015). Estimación de la cohesión social en los municipios españoles tras la implantación de la Alta Velocidad ferroviaria. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 69, 113-138.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INDEC. (2013). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010: Censo del Bicentenario. Base de datos REDATAM: Definiciones de la base de datos. Serie Base de datos censo 2010. Buenos Aires, Argentina.
- Jaramillo, C.; Lizárraga, C. y Grindlay, A. (2012). Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia). *Journal of Transport Geography*, 24, 340-357. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.04.014>
- Lattman, K.; Olsson, L. y Friman, M. (2018). A new approach to accessibility – Examining perceived accessibility in contrast to objectively measured accessibility in daily travel. *Research in Transportation Economics*, 69, 501-511. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.06.002>
- Litman, T. (2002). Evaluating transportation equity. *World Transport Policy & Practice*, 8(2), 50-65.

Municipalidad de la Ciudad de Santa Fe (2016). *Santa Fe: Cómo vamos 2015*. Santa Fe, Argentina. Recuperado de: <https://www.bcsf.com.ar/ces/publicaciones-anuales-santa-fe-como-vamos.php>

Páez, A.; Scott, D.M. y Morency, C. (2012). Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators. *Journal of Transport Geography*, 25, 141-153. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.03.016>

Preston, J. y Rajé, F. (2007). Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of Transport Geography*, 15, 151-160. doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.05.002

Rodrigue, J.P.; Comtois, C. y Slack, B. (2013). *The geography of transport systems*. Routledge, New York (Third edition).

Saghapour, T.; Moridpour, S. y Thompson, R. (2016). Public transport accessibility in metropolitan areas: A new approach incorporating population density. *Journal of Transport Geography*, 54, 273-285. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.06.019>

Sanchez, T. y Wolf, J. (2007). Environmental justice and transportation equity: A review of MPOs. En Bullard, R. (ed.) *Growing Smarter: achieving livable communities, environmental justice, and regional equity*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, United States.

Thomopoulos, N.; Grant, S. y Tight, M.R. (2009). Incorporating equity considerations in transport infrastructure evaluation: Current practice and a proposed methodology. *Evaluation and Program Planning*, 32, 351-359. doi:10.1016/j.evalprogplan.2009.06.013

Welch, T. y Mishra, S. (2013). A measure of equity for public transit connectivity. *Journal of Transport Geography*, 33(C): 29-41. <https://ideas.repec.org/a/eee/jotrge/v33y2013icp29-41.html>

ESTUDIANTES QUE SE AUTORRECONOCEN PERTENECIENTES A PUEBLOS ORIGINARIOS. INGRESO 2018–2019 POR SEDES Y FACULTADES UNPSJB. UN ANÁLISIS ESPACIAL MEDIADO POR LAS TIG

Adrián Ñacuñil

Laboratorio SIG y T Universidad Nacional de la Patagonia. Departamento de Geografía Comodoro Rivadavia. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. PROTRATE Res R 9 N° 109-2021 UNPSJB. PI N° 1635 II Etapa IDE UNPSJB

Ramiro Scherer

Laboratorio SIG y T Universidad Nacional de la Patagonia. Departamento de Geografía Comodoro Rivadavia. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. PROTRATE Res R 9 N° 109-2021 UNPSJB. PI N° 1635 II Etapa IDE UNPSJB

Palabras Claves: Pueblos Originarios. Interculturalidad. UUNN. TIG

RESUMEN

Las Universidades Nacionales e Instituciones de Educación Superior de Argentina cumplen una función sustancial en asegurar la igualdad de oportunidades de acceso para toda la sociedad, sin distinciones de credo, raza o religión. Una tarea pendiente es la generación de procesos a partir de los cuales se incorpore el componente intercultural a los diseños curriculares de las carreras de grado, y la creación de ofertas de grado que promuevan la visibilización de los Pueblos Originarios (PO) de cada una de las regiones en las cuales tienen sedes las UUNN.

La Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB) tiene un área de influencia regional a través de sus distintas sedes Comodoro Rivadavia (CR), Trelew (Tw), Esquel (E), Puerto Madryn (PM); en la actualidad de alcance provincial (otrora interprovincial con una sede en la provincia de Tierra del Fuego, hasta 2011), “extensiones áulicas” con el ofrecimiento de carreras en algunas ciudades del interior provincial y en El Bolsón provincia de Río Negro.

Si bien existe una vocación inclusiva desde los mandatos fundacionales, es necesario generar propuestas desde el interior de la institución que promuevan procesos de interculturalidad y la inclusión de los derechos etnoculturales de las comunidades de PO del área de influencia de la cual provienen los estudiantes ingresantes a las distintas carreras de la Universidad.

En la provincia de Chubut existen más de cien comunidades de PO reconocidas por el Instituto Nacional de Asuntos Indígenas (INAI), de muchas de las cuales provienen los ingresantes a las distintas sedes de esta universidad, donde cursan carreras cuyos diseños curriculares siguen promoviendo saberes occidentales socialmente aceptados por una parte de la sociedad, que constituyen una estrategia de consolidar un saber hegemónico estratégico, muy distanciado a veces de las realidades y necesidades de los PO.

En la historia del ingreso a la universidad, se estructuró un sistema de invisibilización de los jóvenes provenientes de comunidades de PO, con o sin autorreconocimiento étnico cultural. En muchos casos se producían procesos de identificación negativa a las características culturales propias, con formas solapadas de racismo, discriminación y xenofobia.

Con la creación de la Cátedra Libre de Pueblos Originarios (CLPO) en el año 2008, en el marco de la Secretaría de Extensión de Rectorado UNPSJB, se comenzaron a realizar acciones concretas tendientes a la identificación de los ingresantes respecto de sus culturas ancestrales. Se implementaron campañas como el “Yo soy” (2016) tendientes al autorreconocimiento a PO; se incorporó al formulario estadístico para estudiantes ingresantes, la categoría de autorreconocimiento a PO.

Los planteos e interrogantes iniciales son:

El componente intercultural en las UUNN ha permanecido invisibilizado desde los diseños curriculares de las carreras de grado y desde la falta de promoción al autorreconocimiento del estudiantado a los PO.

¿En qué medida las herramientas de procesamiento de datos geoespaciales disponibles en la UN promueve la aplicación de nuevas Políticas Públicas que visibilicen-promuevan procesos de interculturalidad de la matrícula del estudiantado?

A partir del procesamiento de la información georreferenciada de la localización de los ingresantes 2018–2019 UNPSJB: ¿la universidad puede organizar propuestas de grado en docencia–investigación–extensión, en sus distintas sedes en atención al componente de PO de sus matrículas y respectivas áreas de influencia?

La elaboración de salidas cartográficas con datos georreferenciados de estudiantes de PO en la UUNN: ¿puede aportar a la visibilización y a la generación de conocimientos significativos respecto de la diversidad socio cultural del área de influencia de las sedes de la UNPSJB?

Se cuenta con el acceso a datos de los ingresantes 2018–2019 que manifestaron autorreconocerse como PO desde el formulario estadístico de ingreso. Con los siguientes campos de datos: Nombre (se codifica para resguardo de identidad), Sede UNPSJB, Domicilio - procedencia, Facultad, Carrera.

El presente trabajo tiene por objeto conocer y sistematizar la información referida a los estudiantes ingresantes a la UNPSJB que se autorreconocen pertenecientes a PO, analizar detalladamente los lugares de procedencia, las sedes y carreras en las cuales se inscriben. Constituye un insumo para estudios posteriores, de indagación acerca de las trayectorias vitales, percepciones y representaciones en relación al paso por la universidad, graduación, inserción profesional, regreso a sus comunidades de origen.

ÁREA DE ESTUDIO Y RESULTADOS

El área de estudio se corresponde en principio con las áreas de influencia de las distintas sedes de la UNPSJB, Comodoro Rivadavia, Trelew, Esquel y Puerto Madryn, en el ámbito territorial de la provincia de Chubut; y las áreas de influencia extra provinciales según las localidades de procedencia de estudiantes ingresantes de otras provincias, entre ellas, Santa Cruz, Río Negro, Córdoba, Jujuy, Chaco, Formosa, Misiones, Buenos Aires.

Las características territoriales del área de estudio corresponden a la Patagonia Central, provincia de Chubut y norte de la provincia de Santa Cruz, relacionada con el imaginario de la inmensidad, la rigurosidad climática y la escasa cantidad de población.

OFERTA EDUCATIVA DE LA UNPSJB

La Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales (FHCS) tiene ofertas en las cuatro sedes. La Facultad de Ciencias Económicas (FCE) tiene ofertas de grado y pregrado en las sedes de Comodoro Rivadavia, Trelew y Esquel. La Facultad de Ciencias Jurídicas (FCJ) tiene ofertas en las cuatro sedes. La Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud (FCNyS) tiene ofertas en las cuatro sedes. La Facultad de Ingeniería (FI) tiene ofertas de grado en las cuatro sedes.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE INGRESANTES DE PO

Se analizó la información de 1.043 ingresantes 2018–2019 que se autorreconocen como PO al momento de completar sus datos en formulario estadístico de inscripción en las cuatro sedes de la UNPSJB, los que representan aproximadamente el 12% del total de la matrícula de ingresantes.

La sede Comodoro Rivadavia es la que cuenta con mayor cantidad de ingresantes que se autorreconocen pertenecientes a PO (534), seguido por la sede Trelew (314), Esquel (113 y Puerto Madryn (78). La sede CR tiene una notoria mayor demanda en la FCNyS seguida por la FHCS y FI. La sede TW, en cambio presenta una mayor demanda en la FCE, seguida por la FCJ y FCHS.

Las localidades de procedencia para todas las sedes están concentradas en la provincia de Chubut (863), aunque aparecen procedencias extra provinciales, principalmente de Santa Cruz norte; y en segundo lugar las provincias de Jujuy, Salta, Neuquén, Catamarca, Formosa, Chaco, Misiones, Corrientes, Buenos Aires, Córdoba, Río Negro y La Rioja. Aparecen procedencias extra nacionales de Bolivia y Chile.

No existen grandes diferencias en la distribución por Facultad-sedes, una leve predominancia de FCE y FHCS, y un menor valor en FI. No existe una clara preferencia por una de las Facultades al momento del ingreso de los estudiantes que se reconocen como PO.

La FCNyS de Comodoro Rivadavia es la que tiene mayor cantidad de ingresantes de PO, seguida por la FHCS. En la sede Trelew en cambio, el ingreso está concentrado en la FCE, seguido por la FHCS. La FCNyS sede CR, las carreras de Lic. en Enfermería y Medicina concentran el 75% de los ingresantes. La FHCS la carrera de Trabajo Social y las tecnicaturas (Mediación cultural principalmente) concentran el 50% de los ingresantes

En la FCE sede Trelew, las Tecnicaturas concentran la mayor cantidad de ingresantes, en especial la Tec. en Administración Bancaria con el 47%, seguido por Contador Público con el 25%. La FHCS sede Trelew, la carrera de Historia concentra el 48% de los ingresantes de PO.

Resulta interesante identificar cuáles son las carreras que son las más elegidas hacia el interior de cada Facultad. La FCE es la que mayor cantidad de ingresantes de PO registra entre todas las sedes, la sede Trelew es la que tiene mayor demanda con 111 ingresantes, de los cuales 53 son de Técnico en Administración Bancaria. Las carreras de Contador Público (74) y Técnico en Administración Bancaria (73) son las más demandadas entre todas las sedes. Las localidades de procedencia se corresponden con el área de influencia.

La FHCS presenta una concentración en la sede CR (108 ingresantes), debido quizás a la mayor oferta educativa, con la carrera de Trabajo Social con la mayor demanda de la sede (29 ingresantes). Trelew, si bien tiene menor demanda (58 ingresantes), tiene la carrera con mayor demanda de la facultad, Profesorado y Licenciatura en Historia con 35 ingresantes. En la sede Madryn es muy importante la demanda de la carrera de Turismo (30 ingresantes).

La FCNyS tiene la mayor demanda en la sede CR debido a la mayor oferta de carreras, la demanda está concentrada en las carreras de Licenciatura en Enfermería (71 ingresantes PO) y medicina (43). Se destaca la carrera de Lic. y Prof. en Ciencias Biológicas de la sede Esquel con una importante demanda regional, (15).

La FCJ concentra su demanda en las sedes CR y TW, siendo la carrera con mayor de Abogacía TW la de mayor cantidad de ingresantes PO de todas las sedes (76).

La FI concentra su demanda de ingresantes PO en la sede CR (112), también debido a su mayor oferta de carreras, siendo las carreras de mayor cantidad de inscriptos, Lic. en Higiene y Seguridad e Ingeniería Civil.

De las localidades de procedencia, la facultad más representativa es FCNyS sede CR con 153 ingresantes PO. Tal se mencionó precedentemente la mayoría de las carreras ofertadas por la facultad solo se dictan en la sede, siendo las más elegidas Enfermería y Medicina. El 70% tiene residencia en la misma ciudad de CR, y el 30% restante proviene del interior provincial de las localidades de Rada Tilly, El Maitén, Esquel, Gaiman, Río Mayo, Sarmiento, Tecka, Trelew; del norte se Santa Cruz, Caleta Olivia, Jaramillo, Las Heras; y de otras provincias como Corrientes, Catamarca, Jujuy, San Luis, Misiones, Chaco.

CONCLUSIONES

Las tecnologías de la información geográfica constituyen una valiosa herramienta para el procesamiento y análisis espacial de información georreferenciada, en este caso posibilitó dar cumplimiento a los planteos iniciales respecto de la visibilización de los estudiantes pertenecientes a pueblos originarios, sus procedencias, elecciones vocacionales; y aproximaciones a los primeros análisis de la oferta educativa de la universidad.

Los datos procesados evidencian que existe un buen número de estudiantes de PO que ingresan a la UNPSJB, un 10% del total de ingresantes por año es una estadística que revela una real accesibilidad al sistema universitario. Puede ser quizás mayor el número real dado que la incorporación de la dimensión PO en planillas de ingreso es relativamente reciente, y persiste el proceso de invisibilización y falta de autorreconocimiento, no solo de los estudiantes, sino de toda la comunidad universitaria.

La UNPSJB está incorporando la interculturalidad, aunque de manera incipiente, y de manera dispar según de qué facultad se trate. Persiste el distanciamiento entre la oferta educativa de carreras, contenidos curriculares, que promuevan una verdadera demanda de los PO en términos de incorporación de preceptos culturales, distintas realidades de las comunidades originarias, estructuras sociales, aspectos demográficos, contextos geográficos, sistemas morales y familiares, redes de apoyo.

Resultan significativos los motivos por los cuales desde las comunidades originarias se eligen mayormente las carreras de las ciencias naturales y de la salud que se rigen por perspectivas occidentales y positivistas respecto de la salud, alejadas de las cosmovisiones de las culturas originarias, procesos y métodos de sanación ancestrales. Una perspectiva interesante a manera de ejemplo es la organización de instancias de capacitación acerca de uso de plantas medicinales en el marco de actividades de extensión y salud comunitaria.

Eligen mayoritariamente carreras como Técnico en Administración Bancaria y Abogacía (sede TW), o Higiene y Seguridad e Ingeniería Civil (sede CR). Atento a esta demanda resultaría necesario un proceso de adecuación de los contenidos curriculares que incorporen de menara concreta conocimiento, prácticas y saberes de las realidades de los PO.

La elección de un número importante de la carrera de Historia en la sede TW resulta interesante por la cercanía de los contenidos con los intereses de los PO, rescates históricos patriomiales, procesos de identificación, entre otros.

Existen datos disponibles en la UNPSJB a partir de los cuales se puede promover la aplicación de políticas educativas tendientes a la visibilización y activación de proceso de interculturalidad de PO. Si bien existen iniciativas como las citadas en el presente trabajo, pareciera ser que son de carácter aisladas, ligadas a actividades de extensión sin el correlato en las actividades de investigación y docencia en todas las facultades.

Las posibilidades de geolocalización permiten el análisis de la distribución espacial de los ingresantes y de la matrícula total de estudiantes de la universidad, para el presente trabajo solo se tomó el ingreso en dos años con interesantes resultados para el análisis, se podría dar continuidad con el procesamiento gradual de todos los estudiantes que se auto reconozcan o estén en proceso. Existen dependencias de la universidad en capacidad de realizar excelentes trabajos interdisciplinarios para, en etapas posteriores, profundizar y sistematizar el diagnóstico de las distintas realidades de las que provienen los PO a la universidad en sus distintas sedes, graduación, reinserción en las comunidades de origen.

REFERENCIAS

- Agencia Telam. La invisibilidad estadística, una de las formas de racismo oculto institucional. <https://www.telam.com.ar/notas/201909/391458-la-invisibilidad-estadistica-una-de-las-formas-de-racismo-oculto-institucional.html>
- Bondel, S.; Vazquez, A.; Ñancuñil, A. y González, M. (2018). *Micropueblos en la Patagonia Central y perspectivas territoriales. Los casos de Buen Paso, Aldea Apeleg y Facundo*. Colección Geografías del Chubut. Editorial Universitaria de la Patagonia. Comodoro Rivadavia
- Cátedra Libre de Pueblos Originarios. <http://www.unp.edu.ar/extension/index.php/pueblos-originarios>
- Dirección General de Estadísticas y Censos Chubut <https://www.estadistica.chubut.gov.ar/>
- Estimaciones de población por sexo departamento y año calendario 2010 -2025. N° 38 Serie análisis demográfico. INDEC. https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/poblacion/proyeccion_departamentos_10_25.pdf
- Ivanof, S.; Loncón, D.L. (2016). Cátedra Libre de Pueblos Originarios. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco: experiencias, interpelaciones y desafíos. *Revista del Instituto de Investigaciones en Educación, Facultad Humanidades, UNNE*, año 7(8).
- Mato, D. (2017). *Educación Superior y Pueblos Indígenas y Afrodescendientes en América Latina. Políticas y experiencias de inclusión y colaboración intercultural*. Eduntref.
- Muriete, R.; Becerra Artieda, F. y Mayorga, V. (2018). *La universidad como objeto de estudio*. EDUPA. <http://www.edupa.unp.edu.ar/wp-content/uploads/2019/05/univobjetoestudio.pdf>
- Plan de Desarrollo Institucional UNPSJ. <https://drive.google.com/file/d/1r5vKTOMtoOP7a9awS-8KZkqhCdaHeyKuF/view>

EL USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA TELEDETECCIÓN: UN ESTUDIO DE CASO DE SU APLICACIÓN EN LA SIEMBRA VARIABLE DE MAÍZ

Martina Álvarez

Dto. Técnico de Formagro S.R.L.

Marina Palma

Dto. Técnico de Formagro S.R.L.

Hernán Rodríguez

Dto. Técnico de Formagro S.R.L.

Florencia Mauhourat

Dto. Técnico de Formagro S.R.L.

RESUMEN

El siguiente estudio de caso se encuentra ubicado a los 37° 48 '25.05 ``S y 58° 2'45.80" O en el sureste de la provincia de Buenos Aires en el partido de Balcarce, en un lote particular se decidió realizar una de las principales prácticas de manejo que influyen sobre el rendimiento del maíz que es la selección de la densidad de siembra, ya que el rendimiento es dependiente de la misma, asociado a un manejo variable puede potenciar la rentabilidad. Este trabajo fue realizado durante la campaña de verano 2017-2018. Es así como en una primera etapa se realizó la ambientación del lote en el cual se determinaron siete zonas productivas. En un segundo momento en base a las aptitudes productivas del lote se decidió hacer una siembra variable de semilla, agrupando las siete zonas productivas en tres, y también se marcaron tres franjas fijas que pasan por todas las zonas productivas, por último, se analizaron los resultados que arrojaron la aplicación y el monitor de rendimiento. En este proceso fue muy importante la utilización de los sistemas de información geográfica, la teledetección y la aplicación de la agricultura de precisión en conjunto con la correcta selección densidad de siembra que tiene como fin el ahorro en semillas, potenciar los ambientes más productivos y obtener los rendimientos deseados.

Palabras clave: Agricultura de precisión; Siembra variable; SIG; Zonas de manejo; Mapa de rendimiento

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la agricultura de precisión en conjunto con los sistemas de información geográfica (SIG), sistemas de geoposicionamiento global (GPS) y Teledetección, constituyen una herramienta indispensable para lograr la optimización en el uso de los recursos empleados en las actividades productivas del sector agropecuario.

La idea fundamental en la que se basa la agricultura de precisión es que se deben aplicar los insumos en cantidades que se puedan aprovechar en su totalidad, y que cada área del lote exprese su máximo potencial económicamente posible. Según esto, ahorraríamos insumos en las áreas de bajo rendimiento potencial sin disminuir su rendimiento (que era bajo) para trasladarlo a las áreas de mayor potencialidad, que sí pueden aumentar la producción aprovechando los insumos correctamente (Bragachini et al., 2006).

El aumento de la eficiencia en el uso de los recursos conlleva dos efectos, por un lado, el aumento de la rentabilidad y por otro, un mejor aprovechamiento de las materias primas utilizadas, lo cual redundará en una reducción del impacto medioambiental, por un mejor aprovechamiento de los productos fertilizantes y fitosanitarios aplicados a los cultivos.

El maíz es uno de los cultivos más importantes de Argentina, variando su rendimiento por hectárea según las diferentes zonas agrícolas del país. La variabilidad del rendimiento es una función conjunta y dinámica de factores que incluyen, propiedades de suelo, topografía, clima, factores biológicos y antecedentes de manejo del lote (Castro Franco et al., 2015). Sin embargo, un factor muy influyente en la variabilidad del rendimiento está asociada a la correcta selección de densidad de siembra. Combinando la agricultura de precisión y el manejo de diferentes densidades de siembra, se plantea ahorrar en el uso de semillas, potenciar los ambientes más productivos y obtener los rendimientos deseados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El lote seleccionado se encuentra ubicado a los $37^{\circ}48'25.05''S$ y $58^{\circ}2'45.80''O$ en el suroeste de la provincia de Buenos Aires en el partido de Balcarce. La zona se caracteriza por un clima templado con un régimen de lluvias a lo largo de todo el año, siendo más intensas en primavera-verano.



La altitud media del lote es de 110 m.s.n.m., con una pendiente baja. Los suelos son molisoles con textura franco limosa y la limitante principal es la erosión hídrica.

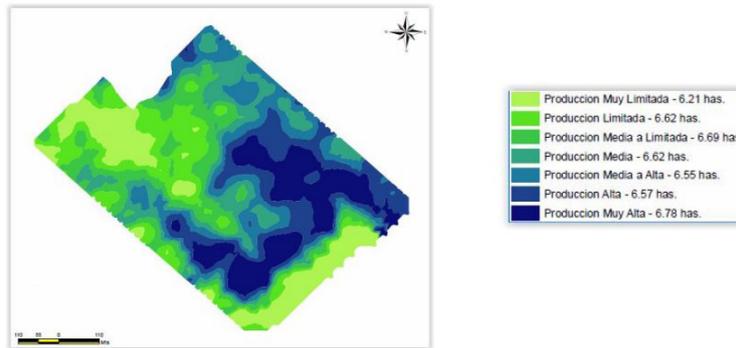
El trabajo se realizó por etapas, la primera etapa consistió en la ambientación de un lote agrícola, determinando diferentes aptitudes productivas, esta ambientación se efectuó en base al cálculo de NDVI de imágenes satelitales Landsat 5 - 8 y su posterior combinación. La elección de imágenes para la elaboración de zonas de manejo se basó en el historial de rotación del lote, seleccionando la mejor imagen de cada campaña,

realizando la corrección atmosférica mediante el método del objeto oscuro con el *software* QGIS. Se determinaron siete zonas productivas: Muy Limitada, Limitada, Media a Limitada, Media, Media a Alta, Alta y Muy Alta.

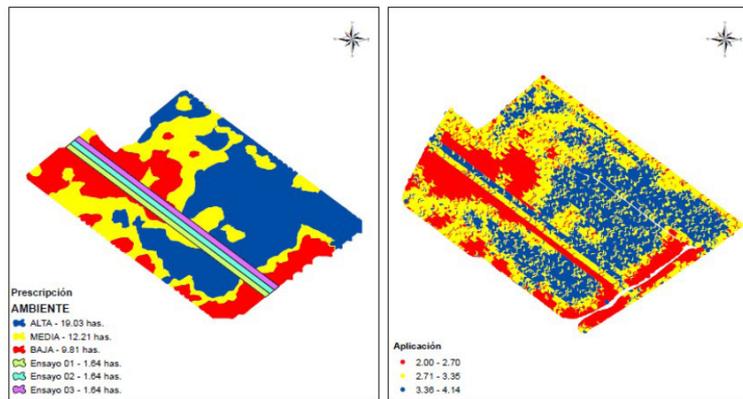
En base a las aptitudes productivas del lote se decidió hacer una siembra variable de semilla, agrupando las siete zonas productivas en tres: Alta (Muy Alta-Alta-Media a Alta) con una densidad de 3.60 s/m, Media (Media-Media a Limitada) 3.10 s/m y Baja (Limitada-Muy Limitada) 2.30 s/m, también se marcaron tres franjas fijas que abarcan todas las zonas productivas. El monitor de siembra es AG fusión y el híbrido elegido es DM 2738 (Don Mario).

La siembra georreferenciada nos permitió obtener un archivo de respuesta con el cual veri-

ficar una correcta aplicación y que lo prescripto nos lleve a los resultados esperados.

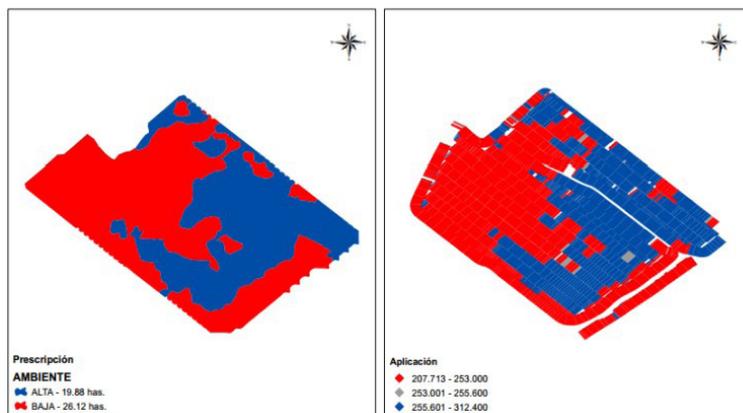


AMBIENTE	HAS. APLICADAS	SEMILLA/m.	DOSIS APLICADA	DIFERENCIA	% ERROR
ALTA	19	3.6	3.5	-0.1	-2.78
MEDIA	12	3.1	3.06	-0.04	-1.29
BAJA	8.23	2.3	2.38	0.08	3.48
ENSAYO 01	1.58	2.3	2.31	0.01	0.43
ENSAYO 02	1.59	3.1	3.07	-0.03	-0.97
ENSAYO 03	1.64	3.6	3.52	-0.08	-2.22



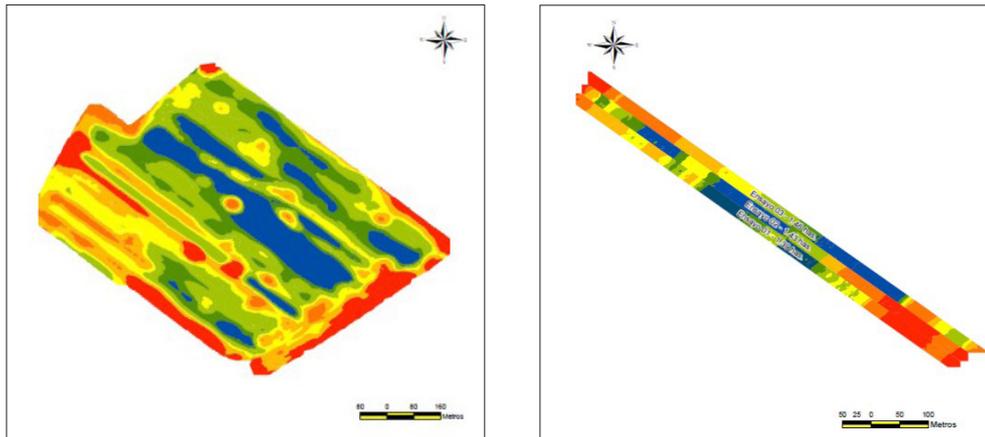
Luego se realizó una prescripción variable de UAN, con dos dosis diferentes, la zona de alta con 284 Lt/ha. y la zona media y baja 230 Lts/ha.

AMBIENTE	HAS. APLICADAS	PRESCRIPCION	DOSIS APLICADA	DIFERENCIA	% ERROR
BAJA	23.21	230	240.92	10.92	4.75
ALTA	19.69	284	271.92	-12.08	-4.25



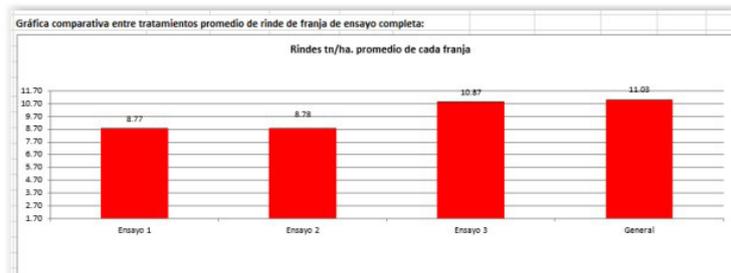
En cuanto al control de plagas, malezas y enfermedades, se aplicó con dosis correspondientes, a fin de evitar la aparición.

La cosecha del cultivo se realizó con cosechadora con monitor de rendimiento (Jonh Deere 9770), estos requieren calibración de los sensores antes de la cosecha, obteniendo una serie de puntos con datos de rendimiento, humedad, ancho de franja, velocidad, elevación. Una vez que se obtuvieron los valores arrojados por el monitor de rendimiento, se realizó la eliminación de valores extremos y de puntos superpuestos. Para su presentación se realizó una interpolación de puntos mediante el método distancia inversa ponderada y se clasificó en siete categorías de menor a mayor rendimiento. Además, se obtuvo un mapa de rendimiento en forma grillada que fue interceptado luego con el mapa de productividad. El procesamiento se realizó utilizando el software AFS 5.52 (Case Corporation, 2004).

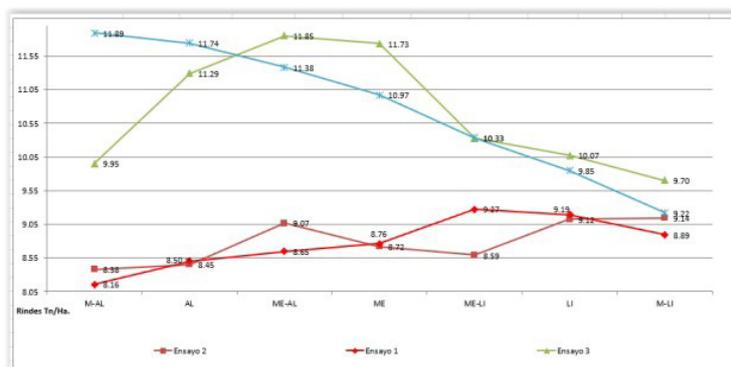


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar los resultados del mapa de rendimiento y correlacionar con el mapa de productividad se observa que el lote general ha obtenido un mayor rendimiento con respecto a las tres franjas de ensayo, y si nos detenemos en el comportamiento de las mismas, la franja con mayor densidad de siembra tiene una diferencia de 2 toneladas con respecto al ensayo 2.



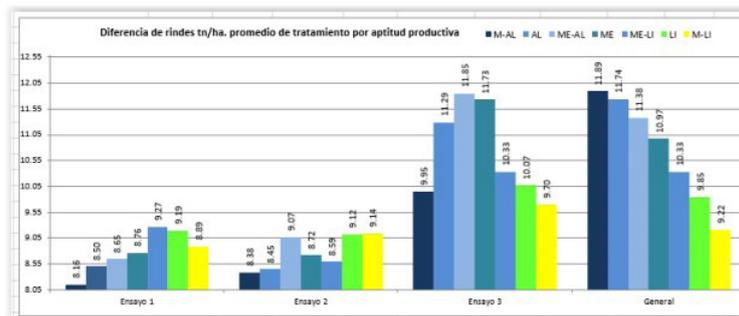
En el siguiente gráfico podemos observar que el lote general en las zonas productivas Muy Alta, Alta y Media Alta registran los mayores rendimientos, y a su vez, es la zona con mayor densidad de siembra, de 3.60 s/m. Algo similar ocurre con las zonas medias y bajas. El análisis arrojó una alta correlación entre zonas de manejo, densidades de siembra y rendimientos obtenidos.



En cuanto a los ensayos, en la franja de ensayo 1 con una densidad de siembra de 3.60 s/m, en la zonas (Muy Alta, Alta y Media a Alta), registra un menor rendimiento con respecto a las zonas (Medias y Bajas) del ensayo.

En la franja de ensayo 2, con una densidad de siembra de 3.10 s/m, el rendimiento es menor en el ambiente de Alta (Muy Alta-Alta) con respecto al de Baja (Muy Limitada), con una diferencia de 0.98 Tn de rinde. En este ensayo es en el ambiente de baja (Limitada-Muy Limitada) donde se da el mayor rendimiento.

El ensayo 3, con una densidad de siembra de 2.30 s/m, alcanza su mayor rendimiento en la zona Media a Alta con 11.85 Tn/ha y el menor rendimiento en la zona Muy Limitada. Si observamos el gráfico, vemos que en la zona Muy Alta el rendimiento es de 9.95 Tn/ha, mientras que en el resto del ensayo entre 10 y 11 Tn/ha.

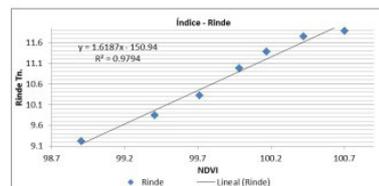


En los gráficos siguientes se muestra la correlación de R2 entre el mapa de productividad y el de rendimiento, si observamos detenidamente los gráficos vemos que en el caso del lote general hay una alta correlación entre ambas variables, en las zonas de Alta productividad hay mayores rendimientos. En las franjas de ensayo 1 y 2 la correlación es inversa, a mayor escala de productividad menor rendimiento.

En la franja de ensayo 3, se registra una correlación positiva, sin embargo, hay una alta dispersión de valores de rendimiento, en la zona Muy Limitada y Muy Alta se da el menor valor de rendimiento de la franja.

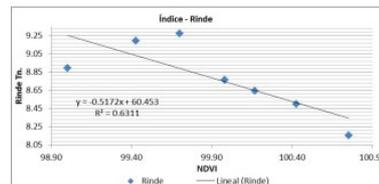
Lote general

Escala de productividad	Índice Prod.	Rinde Tn/Ha.	Ha.
Producción Muy Alta	100.70	11.89	6.78
Producción Alta	100.42	11.74	6.57
Producción Media a Alta	100.17	11.38	6.55
Producción Media	99.98	10.97	6.62
Producción Media a Limitada	99.71	10.33	6.58
Producción Limitada	99.41	9.85	6.08
Producción Muy Limitada	98.90	9.22	5.53
Promedios	99.94	10.83	44.70



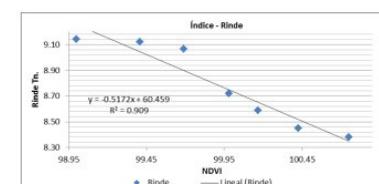
Franja 01 – 3,6 s/m

Escala de productividad	Índice Prod.	Rinde Tn/Ha.	Ha.
Producción Muy Alta	100.75	8.38	0.10
Producción Alta	100.43	8.45	0.07
Producción Media a Alta	100.17	8.59	0.06
Producción Media	99.98	8.72	0.11
Producción Media a Limitada	99.69	9.07	0.28
Producción Limitada	99.41	9.12	0.31
Producción Muy Limitada	99.00	9.14	0.54
Promedios	99.58	8.94	1.46



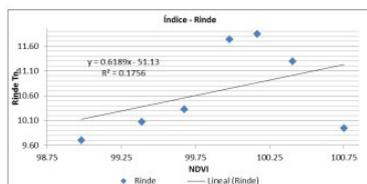
Franja 02 – 3,1 s/m

Escala de productividad	Índice Prod.	Rinde Tn/Ha.	Ha.
Producción Muy Alta	100.75	8.38	0.10
Producción Alta	100.43	8.45	0.07
Producción Media a Alta	100.17	8.59	0.06
Producción Media	99.98	8.72	0.11
Producción Media a Limitada	99.69	9.07	0.28
Producción Limitada	99.41	9.12	0.31
Producción Muy Limitada	99.00	9.14	0.54
Promedios	99.60	8.95	1.47



Franja 03 - 2,3 s/m

Escala de productividad	Indice Prod.	Rinde Tn/Ha.	Ha.
Produccion Muy Alta	100.75	9.95	0.15
Produccion Alta	100.41	11.29	0.07
Produccion Media a Alta	100.17	11.85	0.15
Produccion Media	99.98	11.73	0.16
Produccion Media a Limitada	99.68	10.33	0.24
Produccion Limitada	99.39	10.07	0.37
Produccion Muy Limitada	98.98	9.70	0.37
Promedios	99.67	10.54	1.51



A partir de los resultados físicos, es decir, de la comparativa de rindes entre el lote general y las franjas fijas, se desprende el análisis económico, el cual está centrado en un cálculo de margen bruto teniendo en cuenta solo las variables que han tenido aplicación diferencial entre el lote general y las franjas fijas.

Para realizar el análisis económico se tuvo en consideración el costo de la bolsa de semilla y el precio de venta del cultivo de maíz al momento del análisis. Las demás variables, inclusive el fertilizante nitrogenado, no se tuvieron en cuenta porque fueron utilizados de la misma manera tanto en el lote general, como en las tres franjas.

Como se puede observar en la tabla resumen, los resultados muestran cómo el lote general, no solo ha obtenido mejores resultados en términos de rendimiento, sino también económicos.

PARCELA	LOTE GENERAL (US\$/Ha)					DIFERENCIA US\$/Ha	DIFERENCIA %
	RINDE (Tn/Ha)	INGRESO POR VENTA	COSTO		MARGEN		
			TOTAL	Semilla			
LOTE GENERAL	10.82	1,785.1	-135.6	-135.55	1,649.6		
FRANJA 01 - 3.6 sem/mt	8.93	1,473.6	-158.1	-158.14	1,315.5	334.1	25.40%
FRANJA 02 - 3.1 sem/mt	8.99	1,482.9	-136.2	-136.18	1,346.7	302.9	22.49%
FRANJA 03 - 2.3 sem/mt	10.42	1,719.3	-101.0	-101.04	1,618.2	31.3	1.94%

CONSIDERACIONES FINALES

El maíz es uno de los cultivos del sudeste bonaerense que representa un alto porcentaje en hectáreas sembradas. Para este cultivo una buena elección de la densidad de siembra constituye uno de los aspectos de manejo que incide en el rendimiento por hectárea. Considerando los resultados, es posible afirmar que:

- » La siembra variable de densidad de semilla por ambiente, sumado a una correcta fertilización ayuda a potenciar el rendimiento del cultivo con un aumento de la rentabilidad y un mejor aprovechamiento de las materias primas, de los productos fertilizantes y fitosanitarios aplicados a los cultivos.
- » La agricultura de precisión en conjunto con los sistemas de información geográfica, de geoposicionamiento global y la teledetección, son una herramienta indispensable que tiene que ser tenida en cuenta a la hora de querer evaluar con mayor precisión variables fundamentales en los cultivos, como lo son la densidad de siembra y fertilizantes. De esta manera se podrá predecir con mayor exactitud el rendimiento y producción de los cultivos.

REFERENCIAS

Bragachini, M.; von Martini, A.; Mendez, A.; Pacioni, F.; Alfaro, M. (2002). Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano. *Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América*, 17-19 diciembre 2002, Carlos Paz, Córdoba, Argentina.

Bragachini, M.; Mendez, A.; Scaramuzza, F.; Gregoret, M.; y Proietti, F. (2006). *Tecnología de manejo de dosis variable en Agricultura de Precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable*. INTA.

Castro Franco, M.; Peralta, N.R.; Costa, J.L. (2015). Uso de herramientas geomáticas para el análisis de la relación espacio temporal entre rendimiento y topografía, para la determinación de zonas de manejo homogéneo.

Cerliani, C.; Esposito, G.; Morla, F.; Naville, R. (2018). Generación de prescripciones de densidad variable a escala de lote en el sur de la provincia de Córdoba (Argentina). Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional N° 36 km 601. Río Cuarto. Córdoba. Argenti-

na. Trabajo presentado al Primer Congreso Latinoamericano de Agricultura de Precisión (CLAP2018) 11 al 13 de abril 2018 Santiago, Chile.

INTA - Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Nación (1987). Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3757-31-4 Sierra del Volcán.

Reussi Calvo, N.I.; Sainz Rozas, H.; Echeverría, H. y Diovisalvi, N. (2015). Using Canopy Indices to Quantify the Economic Optimum Nitrogen Rate in Spring Wheat. Published in Soil Fertility & Crop Nutrition, February 25.

ASOCIACIÓN ESPACIAL DE LOS DETERMINANTES SOCIALES DE CÁNCER EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Tatiana Waiman

Instituto de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de La Pampa

RESUMEN

La geografía aborda el estudio de las desigualdades en el espacio geográfico, que se encuentran condicionadas por factores naturales, demográficos, culturales, económicos y sociales formando vínculos estrechos. Es por ello que la Geografía contribuye al estudio de las desigualdades en las condiciones de salud de las poblaciones. Para evaluar desde un punto de vista geográfico, el análisis espacial cuantitativo de los determinantes sociales de la salud (DSS), permiten definir la distribución espacial de la vulnerabilidad social a enfermedades, en este caso al cáncer.

El presente trabajo se propone realizar un abordaje espacial cuantitativo sobre los DSS en el noreste de la provincia de La Pampa, con especial énfasis, en la localidad de Eduardo Castex.

Palabras clave: Determinantes Sociales de la Salud (DSS); Asociación espacial; Correlación espacial; Geografía de la Salud, Análisis Espacial

INTRODUCCIÓN

Para el estudio de patrones espaciales y temporales de enfermedades, se han elaborado desde la década del ochenta, diseños epidemiológicos y técnicas estadísticas evidenciándose así, la renovación por el interés en el estudio de los temas de la Salud Pública.

Como comenta Ramírez (2009), descubrir las desigualdades, las disimilitudes, las diferencias entre los espacios y las sociedades ha sido un camino elegido por un gran número de geógrafos que apuestan a la idea que bosquejó Smith en 1980 "(...) el deber real no consiste en explicar la triste realidad... sino en mejorarla" (Smith, 1980, p. 54 en Ramírez, 2009, p. 13). En definitiva, la Geografía es una ciencia que se ocupa del estudio de todo aquello que acontece en el territorio con el objetivo de mostrar contrastes y similitudes.

Geógrafos y médicos han estudiado ampliamente temas relacionados a la distribución de las enfermedades en el territorio.

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de los Ministerios de Salud de varios países es tema central el análisis de los problemas de salud con el enfoque de los determinantes sociales y económicos; siendo marco de referencia para ciertas áreas de la salud pública y la epidemiología.

La relación entre las condiciones de vida de las personas y su estado de salud se estableció desde las primeras décadas del siglo XIX, cuando se evidenció que las enfermedades estaban asociadas con las inadecuadas condiciones económicas, ambientales y de alimentación de los pobres que trabajaban en las grandes fábricas urbanas europeas. En este periodo surgieron la salud pública y la epidemiología, impulsadas por la necesidad de controlar las enfermedades infecciosas causantes de altas tasas de mortalidad entre la clase obrera (Belinguer, 2007).

La Geografía como ciencia apoya de manera teórico-metodológica el análisis de los DSS a

partir de incorporar el contexto espacial como marco central de vinculación y, para realizarlo centraliza su análisis en la combinación de los conceptos fundamentales del análisis espacial (Buzai y Baxendale, 2012) haciéndose operativos en los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

A nivel global, por su magnitud, el cáncer constituye un problema de salud pública con importantes repercusiones sociales (OMS y CIIC, 2014). En países como Argentina, la investigación en esta área constituye un reto que se aborda con creciente interés ante la complejidad de los factores de riesgo, que evidencian la necesidad de incorporar elementos complementarios a la perspectiva clínica. En particular, considerar la dimensión geoespacial de forma explícita puede resultar de utilidad para el entendimiento de la espacialización de este fenómeno.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es estudiar y analizar la concentración espacial de los DSS en la localidad de Eduardo Castex (NE de la provincia de La Pampa) mediante una serie de variables obtenidas de la base de datos REDATAM junto a la aplicación de metodologías de análisis multivariado para la obtención de un mapa de clasificación espacial. De esta manera, definir espacialmente la población afectada con la máxima vulnerabilidad sociosanitaria.

Ciencias de vocación social ambas, la Geografía y la Medicina comparten el plexo en el que miríadas de filamentos enlazados originan una malla sensitiva. Una especialidad de cada una de ellas, la Geografía de la Salud y la Epidemiología, respectivamente, generan esta suerte de proyección cruzada: el espacio como tema médico, por un lado, la salud como tema geográfico, por el otro (Pickenhayn, 2007, p. 83).

Tradicionalmente, en el ámbito de la Geografía, el objetivo fundamental en temas relacionados con la salud de la población ha sido el análisis de las variaciones espaciales de la misma, en especial de los complejos patógenos o enfermedades endémicas y de las condiciones ambientales que son o pueden ser sus causas (Howe, 1980, p. 392).

Sorre (1955) describía los principios generales de la Geografía Médica asociándolos estrechamente de los complejos patógenos que, por otro lado, se hallan vinculados a las condiciones del medioambiente.

Destacaba un primer enfoque general que consistía en mostrar el reparto de las enfermedades (geografía de las enfermedades) para dar cuenta de la extensión de un fenómeno sobre la superficie del globo y, además, un enfoque o criterio regional, ya que cada región se caracteriza por una asociación de endemias o de epidemias vinculadas a los caracteres geográficos (físicos, biológicos y humanos); se consideraba así que el origen de las enfermedades se hallaba en los factores externos, incluidos entre estos a los propios hábitos (Sorre, 1955 en Ramírez, 2009, p. 14).

Es así como la Geografía Médica establecía una relación directa entre el entorno (espacio geográfico) y el estado de salud (morbilidad y mortalidad de la población) (Ortega Valcarcel, 2000). Definiendo así el objeto de estudio el cual es mostrar el área de extensión de una enfermedad y además conocer su localización, sus movimientos de retrocesos o expansión en superficie y buscar las circunstancias en que se desarrolla como, por ejemplo, densidad de población, migraciones, modo de vida, rasgos físicos del territorio.

En la actualidad es internacionalmente conocida y aceptada la división convencional de la Geografía Médica o Geografía de la Salud (tal como se la denomina en el ámbito de la Unión de Geógrafos Internacionales -UGI- desde 1976), en dos principales campos de investigación (Iñiguez Rojas y Barcellos, 2003, p. 331). Estos campos son, el tradicional, donde el objeto de estudio de la Geografía se enfoca en la identificación y análisis de patrones de la distribución espacial de las enfermedades y sus determinantes, denominada nosogeografía; y el contemporáneo, geografía de los servicios de la salud, que se ocupa de la distribución, planeamiento de infraestructura y recursos humanos de la salud.

Precisamente, dentro del primer campo de investigación de la geografía es que se enmarca este trabajo apoyándose en el enfoque basado en el bienestar social. Esto es así ya que los estudios relacionados con aspectos de la salud de la población se encaminan a mostrar las dificultades por las que atraviesa la población para alcanzar una calidad de vida digna y aceptable. "Así la distribución espacial es una distribución geográfica, a partir de la cual pueden

establecerse relaciones con premisas etiológicas, naturales o sociales de los daños estudiados (...)” (Iñiguez Rojas, 1998, p. 703).

ÁREA DE ESTUDIO Y DETERMINANTES SOCIALES DE LA SALUD

El área de estudio es la localidad de Eduardo Castex en el noreste de la provincia de La Pampa, en el departamento de Conhelo (figura 1). Según el censo del año 2010, esta localidad presentaba una población de 9.253 habitantes permitiendo el estudio y análisis de la distribución espacial de los casos de cáncer y de los DSS.

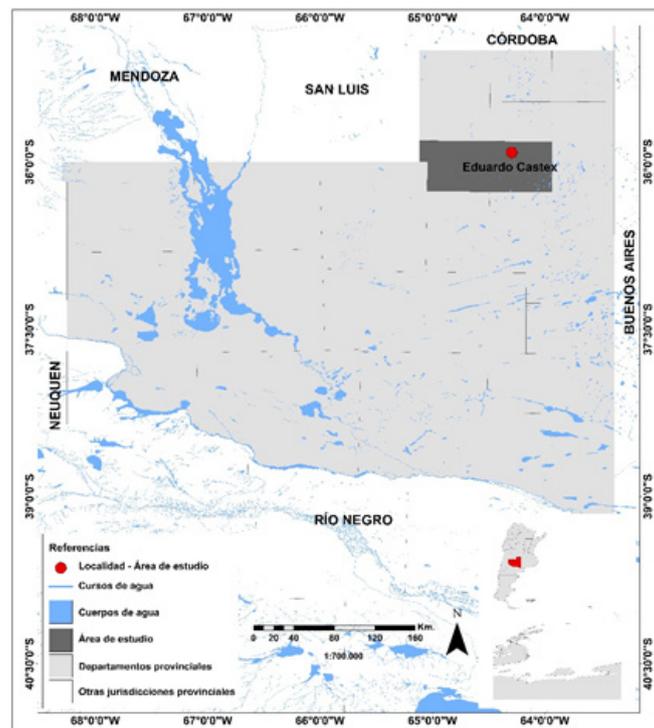


Figura 1. Área de estudio. Eduardo Castex, provincia de La Pampa

Fuente: elaboración Daila Pombo. Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de la provincia de La Pampa, en base a datos suministrados por IDERA, 2019

En Salud Pública es necesaria la información geográfica (IG) sobre todo en áreas como la sanidad ambiental y la epidemiología. En la Argentina, la base de datos REDATAM (REcuperación de DATos para Áreas pequeñas por Microcomputador) del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas permite determinar un conjunto básico de variables que definen dimensiones de análisis centrales: Educación, Economía, Pobreza, Construcción, Servicios y Equipamiento. Para generar el mapa de los DSS se combinan estas dimensiones de las áreas de estudio presentando su inequidad espacial como base fundamental de la planificación territorial con la posibilidad de ser usado para la generación de acciones tendientes a la disminución de disparidades socioespaciales. “Desde la Geografía son consideradas en base a la distribución espacial resultante. Incidir en la estructura resultante permitirá mitigar los problemas de la salud de la población y que en última instancia estas disparidades espaciales son inequidades propias del mapa social” (Buzai y Villerías Alarcón, 2018, p. 160).

El cáncer, según OMS (2018) es la segunda causa de muerte en el mundo, casi una de cada seis defunciones en el mundo se debe a esta enfermedad. Cerca del 70% de las muertes por cáncer se registran en países de ingresos medios y bajos. Además, alrededor de un tercio de las muertes por cáncer se debe a los cinco principales factores de riesgo conductuales y dietéticos: índice de masa corporal elevado, ingesta reducida de frutas y verduras, falta de actividad física, consumo de tabaco y de alcohol.

“En el plano teórico, el paradigma de los determinantes sociales de las condiciones de salud

permite incorporar la dimensión geoespacial de forma explícita al vincular la distribución de eventos de salud con la presencia de factores de riesgo” (Manzanares, 2016, p. 85). El nivel de ingreso de los individuos desempeña un efecto adverso sobre los resultados en las condiciones de salud de la población (Krieger, 2001).

Por un aparte, la pobreza se asocia a un esquema de manejo y control de los padecimientos lo que provoca un impacto adverso en la sociedad. Por otra parte, el nivel de ingreso condiciona dimensiones de la ocurrencia del cáncer, como la detección y el tratamiento, vulnerando el patrimonio familiar.

Los componentes básicos del marco conceptual de los determinantes sociales de la salud incluyen: el contexto socioeconómico y político, los determinantes estructurales, y los determinantes intermediarios. Algunos de los principales aspectos sociales, económicos, culturales y medioambientales que influyen en los resultados en materia de salud en combinación con el comportamiento individual, los factores genéticos y el acceso a la atención de salud de buena calidad, se cree que estos factores determinan todos o prácticamente todos los resultados en materia de salud. Es fundamental distinguir entre los factores que mitigan el riesgo respecto de la medida en que son modificables (si las diferencias en los resultados en materia de salud que estos factores causan representan inequidades o desigualdades) y considerar la relación posible entre estos factores y las políticas destinadas a influir en ellos. Al considerar el valor, la eficacia y la idoneidad de las políticas a este respecto, los determinantes sociales de la salud brindan la oportunidad de posicionar la salud como un bien público, es decir, que aporta beneficios para toda la sociedad que no se limitan a los beneficios marginales para la salud de una persona, sino que, de hecho, pueden tener efectos positivos de manera exponencial sobre la salud de otras personas (OPS, OMS, 2020, s/p).

De esta manera, las variables analizadas en el trabajo (cuadro 1), fueron tomadas de la base de datos REDATAM (Recuperación de Datos para Áreas pequeñas por Microcomputador) del Censos Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 de la República Argentina (INDEC, 2010).

Contexto	Dimensiones	Variables
Socio-demográfico	Educación	Saber leer y escribir – No
		Condición de Asistencia Escolar- Nunca Asistió
	Economía	Condición de Actividad – Desocupados
	Pobreza	Hogares con NBI
		Hacinamiento crítico – más de 3 personas por cuarto
Salud	Acceso a servicio de salud: No posee obra social.	
Habitabilidad	Construcción	Material predominante de los pisos: tierra, ladrillo, suelto.
	Servicios	Tenencia de agua – Fuera del terreno
		Desagüe del inodoro – a hoyo, excavación de la tierra
Equipamiento	Equipamiento: Heladera - NO	

Cuadro 1. Variables para el estudio de los DSS

Fuente: elaboración propia

En las investigaciones sobre factores de riesgo en cáncer, los registros son de suma importancia al proporcionar datos sobre patrones y tendencias, como en diferentes tipos de estudios epidemiológicos (en particular, en su capacidad para realizar el seguimiento de grupos de personas expuestas a riesgos potenciales).

Es importante señalar que existen muchos que la mayor parte de los problemas de salud están vinculados de alguna manera a las condiciones socioeconómicas de la población que los padece, como también existen factores de riesgo que muchas veces son difíciles de identificar, principalmente si se habla de cáncer. Por este motivo, no se exige a ninguna sociedad de padecer de alguna enfermedad específica, por ejemplo, al tener malas condiciones socioeconómicas no se accede a los centros de salud con frecuencia, la alimentación no es la adecuada, las condiciones en la vivienda no son las requeridas, entre otras.

CONCLUSIÓN

Siguiendo un enfoque geográfico y basado en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el trabajo se orientará a generar una base de datos espacial que permita almacenar de manera organizada datos tabulares y cartográficos de fuentes diversas de la localidad de Eduardo Castex. La recopilación de datos es considerada fundamental para analizar y estudiar los diferentes casos de cáncer del espacio a analizar, incluyendo el estudio de los DSS. Lo que permitirá denotar la importancia de la definición de áreas prioritarias de atención y las características poblacionales incluidas en ellas.

La mayor parte de los problemas de salud se pueden atribuir a las condiciones socioeconómicas de las personas. Sin embargo, en las políticas de salud han predominado las soluciones centradas en el tratamiento de las enfermedades, sin incorporar adecuadamente intervenciones sobre las “causas de las causas”, tales como, por ejemplo, las acciones sobre el entorno social. Por este motivo es que se debe tener en cuenta los aspectos sociodemográficos que hacen al contexto donde se desarrollan los procesos de salud-enfermedad-atención de las poblaciones.

REFERENCIAS

- Álvarez Castaño, L.E. (2009). Los determinantes sociales de la salud: más allá de los factores de riesgo. *Gerencia y Políticas de Salud*, 8(17), 69-79. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/545/54514009005.pdf>
- Ballesteros, I y Abriata, M.G. (2018). *Boletín de Vigilancia Epidemiológica - Análisis de Situación de Salud por Cáncer. Argentina 2018. Un aporte para la toma de decisiones en salud pública basadas en información*. Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la Nación. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina
- Belinguer, G. (2007). Determinantes sociales de las enfermedades. *Revista Cubana Salud Pública*, 33(1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662007000100003.
- Buzai, G.D. (2010). Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales (pp. 163-195). En G. Buzai (ed.) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptos y aplicaciones*. Luján: Universidad Nacional de Luján.
- Buzai, G.D. y Baxendale, C.A. (2012). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. (Tomo 2)*, Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G. y Villerías Alarcón, I. (2018). Análisis espacial cuantitativo de los determinantes sociales de la salud (DSS) en la cuenca del río Luján (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Estudios Socioterritoriales, Revista de Geografía*, (23), 155-169. Recuperado de <http://www.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-socioterritoriales/article/view/227>.
- IDE (2018). Infraestructura de Datos Espaciales de la provincia de La Pampa. Instituto de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, UNLPam. Recuperado de <https://qgiscloud.com/IDEIGUNLPam/IDEIGUNLPAM/?e=0%2C0%2C0%2C0&crs=EPSG%3A3857>.
- IDERA (2019). Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina. Recuperado de <https://www.idera.gob.ar/>.
- INDEC (2010). Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina. Recuperado de <https://www.indec.gob.ar/>.
- OMS (2018) Organización Mundial de la Salud. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>.

EL SISTEMA CATASTRAL ESPAÑOL: UNA INFRAESTRUCTURA TIG AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD

Alejandro Vallina Rodríguez

Dto. Geografía. Universidad Autónoma de Madrid

Concepción Camarero Bullón

Dto. Geografía. Universidad Autónoma de Madrid

Laura García Juan

Universidad Autónoma de Madrid

Tomás Moreno Bueno

Dirección General del Catastro España

Palabras clave: Catastro; Bases de datos; Big Data; TIG aplicado; Geo DataBase

EL MODELO CATASTRAL ACTUAL Y SU APLICACIÓN COMO HERRAMIENTA TIG

Generalmente, el concepto “catastro” se asocia a fiscalidad. Pero el catastro ha sido y es mucho más. Actualmente, siguiendo la directiva europea Inspire, se muestra como una fuente de conocimiento abierta, con un gran volumen y variedad de datos veraces y actualizados, lo que le confiere un valor excepcional. Esas características lo unen con otras fuentes de datos, metodologías y tecnologías en crecimiento exponencial, como es el Big Data.

La geografía es una de las disciplinas y ramas de conocimiento muy ligadas al quehacer del catastro, y ello es así porque este, como instrumento del Estado, es testigo de excepción de las diferentes transformaciones que ha ido experimentado el territorio y la propia sociedad. Y es que, poner en marcha un catastro implica alcanzar un alto grado de conocimiento de la sociedad y su entorno, así como una importante capacidad de gestión y control por parte del Estado. De esta forma, catastro y geografía convergen en su objeto de estudio y, por tanto, puede afirmarse que se constituye como una herramienta de gran calado para los investigadores y la sociedad en general, como se irá poniendo de manifiesto en este trabajo.

En definitiva, el objetivo de este trabajo es mostrar las posibilidades que hoy ofrece la base de datos catastral y las herramientas de información geográfica que tiene la administración catastral para los investigadores, su interrelación con otras bases de datos, así como mostrar que el catastro actual, entendido como un catastro de servicios, se encuentra también abierto a toda la ciudadanía. Al analizar los posibles usos del catastro, indicar que implica adentrarse en un mundo de posibilidades que se incrementan día a día. Lo novedoso hoy viene marcado por la facilidad de acceso a unos datos alfanuméricos y geo-espaciales que, en España, constituye un continuo para el conjunto del territorio de régimen fiscal común y de progresiva convergencia con los de naturaleza foral a la luz de la regulación comunitaria en esta materia. Se pretende, para ello, mostrar las potencialidades que el catastro, tanto en su dimensión histórica como actual, tiene para el investigador, así como las posibilidades futuras que ofrece el sistema de información catastral de España. Y es que el catastro se concibe hoy desde el Estado como un servicio al ciudadano en todas aquellas facetas en las que pueda necesitar la información que contiene, ejemplo de cooperación interadministrativa, garantía de un amplio elenco de derechos y fuente indispensable para asegurar la suficiencia financiera que permite la prestación de los servicios públicos que caracteriza un estado democrático y que aspira cada día a satisfacer a una creciente comunidad de usuarios.

Actualmente, el catastro tiene un gran peso en el sistema tributario español, pues es pieza clave en las haciendas locales, al tiempo que proporciona información (identificación de inmuebles, valores y titulares) para la liquidación de distintos tributos de ámbito estatal y autonómico. Pero más allá de esta función de apoyo a la recaudación del Estado, el catastro, tanto en el pasado como en el presente, cuenta con otra serie de datos y posibilidades que lo convierten en una fuente de datos susceptibles de ser utilizados para múltiples finalidades. Tal es el número de campos con los que se relaciona el catastro y las áreas en las que su información es clave, que se habla de un “catastro de servicios”. Este es el modelo del catastro que hoy rige en

España y que, poco a poco, tiende a generalizarse más allá de nuestras fronteras, siempre sobre la base de su carácter irrenunciablemente tributario. Un ejemplo significativo, y a tener en cuenta, es el caso de Colombia, donde, a través de este enfoque se busca, en palabras de Ulrich Zachau, Director del Banco Mundial para Colombia y Venezuela, que “el catastro impulse una economía próspera, la construcción de la paz y la legalidad y equidad” (Matic y Moreno, 2017).

La geografía es una de las disciplinas y ramas de conocimiento que se acerca al catastro, y ello es así porque este, como instrumento del Estado, ha sido testigo de excepción de las diferentes transformaciones que ha ido experimentado el territorio y la propia sociedad. Y es que, poner en marcha un catastro implica alcanzar un alto grado de conocimiento de la sociedad y su entorno, así como una importante capacidad de gestión y control por parte del Estado. De esta forma, catastro y geografía convergen en su objeto de estudio y, por tanto, puede afirmarse que se constituye como una herramienta de gran calado para los investigadores y la sociedad en general, como se irá poniendo de manifiesto en este trabajo.

En definitiva, pues, como ya se ha adelantado, el objetivo de este trabajo es precisamente mostrar las posibilidades que hoy ofrece la base de datos catastral para los investigadores, su interrelación con otras bases de datos, así como mostrar que el catastro actual, entendido como un catastro de servicios, se encuentra también abierto a toda la ciudadanía. Al analizar los posibles usos del catastro, se hace preciso indicar que su funcionamiento, como herramienta TIC, implica adentrarse en un mundo de posibilidades que se incrementan día a día. Entre todas ellas se han seleccionado algunos ejemplos que ilustran el espíritu del catastro en la actualidad:

- » Ante todo, el catastro protege la propiedad. Por ejemplo, ante el actual problema de despoblación y abandono del mundo rural, el catastro se convierte en custodio del territorio.
- » Facilitador de la transformación del territorio, al recoger y atestiguar de forma fehaciente y oficial los cambios acaecidos en el mismo.
- » Es pieza clave para la gestión en situaciones de riesgo, ya sea ambiental, climático o de otras situaciones ligadas a la acción antrópica.
- » Aporta sus grandes capacidades para la gestión inteligente del territorio.

UNA INFRAESTRUCTURA ÚNICA AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD

Anteriormente hemos hablado de las posibilidades que encierra el catastro, y que son variadas, complejas y además atañen a aspectos cruciales de la sociedad. A todas las líneas que se han presentado, a las que no se ha hecho referencia y a las muchas que quedan por abrir, solo se puede llegar a partir de:

- » Una base de datos y un sistema catastral con un diseño y una implementación muy trabajada aprovechando las últimas novedades tecnológicas.
- » Un modelo colaborativo que ha facilitado el acopio de una cantidad ingente de información actualizada y fiable.
- » La amplia accesibilidad, ya que de poco serviría contar con un buen sistema que no fuera abierto, gratuito y que no contara con una gran facilidad de uso.
- » La difusión que, desde la Dirección General de Catastro (DGC), se está dando a sus fondos.

La base de datos catastral describe los inmuebles, tanto rústicos como urbanos, así como los de “características especiales” (BICES). En relación con el ámbito territorial, sus competencias se extienden a todo el territorio nacional, con excepción de los dos territorios con Hacienda propia, País Vasco y Navarra.

Sin entrar en aspectos excesivamente técnicos, la base de datos del catastro se integra dentro de un sistema de información, entendido este como un conjunto de componentes que se interrelacionan entre sí, trabajando de esta forma de manera coordinada para alcanzar un mismo objetivo. Los sistemas de información, debido a la complejidad que entrañan, se organizan mediante la creación de distintos subsistemas. Pese a esta división, estos subsistemas actúan de forma coordinada buscando la misma meta. De esta forma, el sistema de información catastral está integrado por cuatro subsistemas que, siguiendo la definición de sistema facilitada, trabajan de forma conjunta. La finalidad que persiguen todos ellos es la de captu-

rar, almacenar, actualizar y gestionar datos referentes a bienes inmuebles, a fin de procesar y distribuir la información. Ahora bien, cada uno de estos subsistemas tiene un peso específico:

- » Sistema de Información Geográfico Catastral (SIGCA): está representado por un Sistema de Información Geográfica (SIG) centrado en la cartografía catastral.
- » Base de Datos Nacional del Catastro (BDNC): su objetivo es replicar la información presente en las gerencias, y se centra sobre todo en información textual.
- » Herramientas de soporte a la decisión (BDSC): herramienta de uso interno.
- » Sede electrónica del Catastro: similar a la anterior, en este caso muestra los datos de forma pública.

El núcleo del sistema de información que se presenta es un modelo de datos, del que cabe señalar como características principales, que se trata de un modelo unificado y, por tanto, muy complejo, dado que todos los elementos requieren ser modelados, capturados y mantenidos de forma constante.

REFERENCIA

Matic, I. y Moreno, L. (2017). El catastro multipropósito en Colombia, una herramienta para la construcción de paz. *CT Catastro*, ISSN 1138-3488, N° 90, 2017, pp. 97-120.

LA CALIDAD DE VIDA EN EL PARTIDO DE LA COSTA (1869-2010). UN ANÁLISIS EN BASE A DATOS CENSALES

Fernando Manzano

Instituto de Geografía, Historia y Cs. Sociales -IGEHCs, UNCPBA/CONICET

Guillermo Velázquez

Instituto de Geografía, Historia y Cs. Sociales -IGEHCs, UNCPBA/CONICET

Palabras clave: Calidad de vida; Censos; Desigualdades; Actividad turística; Territorios inestables

RESUMEN AMPLIADO

Desde su génesis hasta nuestros días, el territorio argentino se ha estructurado al compás de la demanda del mercado mundial (Santos, 2000). Durante la etapa alto peruana (siglo XVI-XVII), la organización espacial respondió a la expropiación de metales preciosos del cerro de Potosí (Bolivia), con destino a las metrópolis ibéricas (Silveira 2003; Brailovsky y Foguelman, 1993), siendo el actual noroeste argentino (NOA) la región más dinámica¹ (Giovannetti, 2005).

Hacia la postrimería del siglo XVIII, se produce la decadencia económica española, en simultaneo con el surgimiento de Gran Bretaña como nueva potencia del naciente capitalismo industrial (Cárcano, 1972). La nueva organización del comercio mundial se da junto al avance de la revolución industrial europea. La racionalidad comercial basada en el liberalismo y la nueva demanda externa, impuso cambios en la distribución espacial del territorio argentino, así como también sucesivamente plasmó la modernidad europeizada en El Litoral y fundamentalmente en Buenos Aires (Hora, 2014).

La parte sud de la provincia de Buenos Aires presentaba sobre el Atlántico tres puertos, Ajó, Bahía Blanca y Patagones. El puerto de Ajó² tuvo una alta actividad tras el bloqueo francés al puerto de Buenos Aires. En 1864 se dispuso la fundación del pueblo de General Lavalle sobre la margen derecha de la ría de Ajó –sobre la franja costera del Partido General Lavalle surgirá el Partido de la Costa en 1978 (Benseny, 2011)–. Estrechamente vinculadas con el puerto se

1 Mediante una incipiente red urbana, se respondió a las necesidades del mercantilismo establecidas en las “leyes de indias”, que además puntualizaban los criterios para la localización de las ciudades (Silveira, 2003; 2009).

2 Actualmente Puerto de General Lavalle, fue declarado en 1859 puerto nacional, lo que representa el protagonismo que tuvo durante el siglo XIX el Cabo San Antonio (Elkin et al., 2015) –ubicado al sur del estuario del Plata, entre Punta Rasa y Punta Médanos–, inédito para la región (Del Palacio 1982; Giberti 1981).

asentaron en la zona las primeras industrias saladeriles (Varela, 1997).

A mediados del siglo XIX la costa marítima de la provincia de Buenos Aires estaba escasamente poblada (Benseny, 2011), poseía tan solo el 1,5% de la población total de la provincia de Buenos Aires, según el primer censo Nacional realizado en el año 1869 –los partidos de Ajó, Tuyú³, Mar Chiquita y Necochea, contaban con 3.381, 673, 2.289 y 1.129 habitantes, respectivamente-. En relación al índice de calidad de vida (ICV) del año 1869, los partidos mencionados presentaban los siguientes valores: Ajo 0,57, Necochea 0,56, Mar Chiquita 0,49 y Tuyú 0,42 (Velázquez y Otero, 2019), –ubicándose en términos relativos en las posiciones 47, 57, 83 y 112 entre los 251 departamentos o partidos existentes en 1869–.

En el contexto de la planificación productiva del siglo XIX, el proyecto agroexportador implicaba una mirada permanente hacia el Río de la Plata y sus afluentes. El auge de la actividad saladeril generó que el puerto de Lavalle fuera, en 1880, el tercero en importancia del país –después de los de Buenos Aires y Rosario– (Bertolotti y Gil de Muro, 1991).

Hacia 1880 comienza el derrumbe de la industria saladeril ante el advenimiento de los frigoríficos (Varela, 1997). En la racionalidad económica de fines del siglo XIX, no existía en la clase gobernante de la época, otro tipo de modelo de urbanización relacionado con las playas marítimas que no estuviera ligado a la existencia de un puerto o algún tipo de producción primaria. Las costas marítimas bonaerenses –incluidas sus playas–, eran visualizadas entre las zonas improductivas del país (Mantobani, 1997), y se las consideraba estériles, improductivas e inadecuadas para ser habitadas⁴ (Pisani, 1997). En correspondencia, la costa atlántica permaneció sin poblar desde fines del siglo XIX⁵. Según el segundo censo realizado en el año 1895, la calidad de vida del partido de Lavalle era de 0,58 –ubicándose en términos relativos en las posiciones 141 entre los 380 departamentos o partidos existentes en 1895–.

A partir del surgimiento de las playas como atracción turística⁶ (Mantobani, 1997), se buscó valorizar estas tierras que poseían excelentes condiciones de sitio y posición –en tanto playas marítimas más próximas a la Metrópoli Nacional–, mediante la instalación de pueblos balnearios⁷.

Con el primer gobierno peronista a mediados de 1940 se inició la apertura de los balnearios a los sectores urbanos medios⁸, vinculada al llamado “turismo social”⁹. Más adelante, a partir de los años sesenta comienza a cobrar mayor importancia el hábito de hacer turismo entre capas cada vez más amplias de la población (Schluter, 1983; 1985).

El patrón de urbanización de las zonas costeras difirió del realizado en las tierras altas dentro de la misma ecoregión. El modelo de desarrollo de los balnearios es dependiente del turismo

3 El Poder Ejecutivo impulsó la creación de doce pueblos en 1882, uno de estos a fundarse en el partido del Tuyú con el nombre de “Dorrego”.

4 El ecosistema costero no estaba valorizado económicamente debido al auge del modelo agroexportador, que concentraba su atención tierra adentro, encontrándose esta zona bajo la propiedad de estancieros. Hasta principios de siglo XX: “[...] La racionalidad productiva basada en una primitiva economía ganadera desvalorizó las potencialidades del área litoral que fueron los ámbitos más marginados [...]” (Villar, 2003, p. 14).

5 En contraposición, a fines del siglo XX el valor de esos terrenos superará ampliamente al de las zonas agrícolas.

6 Se produjo un cambio respecto de la percepción de las playas sobre el océano Atlántico y su incorporación al sistema económico, surgiendo un nuevo modelo de urbanización en Argentina –hasta entonces el único prevaiente era la “ciudad pampeana” (Mantobani, 1997; Ordoqui y Hernández, 2009)–. Su rápida difusión se debió al éxito de Mar del Plata como villa balnearia (Schluter, 1985), mostrando las playas su capacidad para animar la economía urbana (Villar, 2003).

7 La fundación de los mismos consistió en meros trámites administrativos aprobados según la Ley de Fundación de Pueblos vigente en la provincia de Buenos Aires desde 1913 –N. 3487 y sus decretos reglamentarios de 1927 y 1929– (Bertoncello, 1992).

8 Esto fue posibilitado por la sanción de la legislación laboral, que brindó la disponibilidad de tiempo libre, limitó la duración de la jornada laboral, y otorgó el derecho a un período de descanso anual pago. De esta manera el turismo entre las clases sociales más desposeídas devino en una necesidad, tanto los sindicatos como la Fundación Eva Perón tuvieron un rol fundamental (Lundberg, 1981; Papon, 1980).

9 Ordoqui y Hernández (2009), califica a la segunda etapa del turismo de sol y playa como Turismo Masivo.

interno¹⁰, y, por tanto, de los cambios macroeconómicos. La dinámica de la actividad turística se caracterizó por su estacionalidad¹¹ –implicando solo dos o tres meses por año–, la concentración económica en el espacio, periodos de desempleo en la población residente, fuertes movimientos migratorios temporales, entre otras consecuencias negativas (Gaudemar, 1977).

La densidad de la mancha urbana se destacó por ser muy baja durante los primeros años, y entre 1958 y 1980 las áreas centrales se densificaron incorporando sectores de intensidad de ocupación mínima (Bertoncello, 1989). En 1983 el porcentaje de lotes edificados era muy bajo, llegando a solo el 21%, mientras simultáneamente se densificó la ocupación por subdivisión en propiedad horizontal, en un proceso aparentemente paradójico, dado el alto número de lotes vacíos. En el año 1980 la densidad de la población de La Costa era 113,5 hab/km², mientras que en General Lavalle era de tan solo 0,5, hab/km² – y en la provincia de Buenos Aires de 35,3–. Respecto al índice de calidad del año 1980, el partido de Lavalle presentaba un valor de 0,52 –ubicándose en términos relativos en las posiciones 273 entre los 530 departamentos o partidos existentes en 1980–.

El partido de La Costa presentó su mayor crecimiento poblacional durante el periodo 1991-2001¹² (INDEC, 2012). En la fuerte urbanización de la década del noventa, se destacan los múltiples proyectos de barrios privados. Posteriormente enfrenta un estancamiento debido a la crisis económica que transitó el país hacia fines de los años noventa. La situación se revierte a partir del año 2003, alcanzado una intensidad mayor a la percibida en el pasado¹³⁻¹⁴. Hacia el año 2010 La Costa, presentó aumentos de la densidad de 135,8% en relación al año 1980, mientras que el total de Buenos Aires el crecimiento fue de solo 43,8%.

La singularidad de la revalorización costera se basó en privilegiar determinados sectores de la trama urbana, recurriendo a productos inmobiliarios vinculados a la lógica de las demandas, que implicó el surgimiento de nuevas funciones en los espacios tradicionales (Carvalho y Guzmán, 2011). Esta dinámica de la selectividad territorial, regida por la especulación inmobiliaria, presentó como resultado una alta fragmentación del espacio (Fittipaldi et al., 2015).

La calidad de vida media del Partido de La Costa en los tres últimos censos, se refleja en los siguientes valores del ICV 0,56 en el año 1991, 0,69 en 2001 y 0,70 en 2010 –ubicándose en términos relativos en las posiciones 219, 198 y 78 entre los 502, 511 y 525 departamentos o partidos existentes en 1991, 2001 y 2010, respectivamente–. Este destacado incremento del ICV, nos alienta a llevar un análisis de las desigualdades existentes detrás de este valor promedio. A partir de la construcción del ICV del año 2010 desagregado a nivel de radio censal, es posible analizar la dispersión existente entre los 286 radios censales que componen el partido. Así como también, comparando a este nivel espacial las distintas dimensiones socioeconómicas –educación, salud y vivienda– y ambiental –recursos recreativos de base natural, recursos recreativos socialmente construidos y problemas ambientales–, que constituyen el índice de calidad de vida.

10 Durante la década del setenta aproximadamente ante la demanda del turismo interno, se dio un marcado crecimiento de la costa bonaerense, imponiendo mayor presión sobre el ambiente costero (Morello, 1983). En el período 1970-1980 el partido de Lavalle tuvo un aumento del parque habitacional de 183,5%, siendo el aporte del municipio urbano de La Costa de 99,0%, un incremento notablemente superior al poblacional.

11 La estacionalidad implica que la infraestructura y el equipamiento permanezca ocioso la mayor parte del año (Gaudemar, 1977). En los residentes genera dificultad para acceder a una vivienda a pesar de la gran oferta ociosa debido a la competencia turística.

12 Entre 1991-2001 una disminución relativa de la población en la franja de 0 a 14 años, producto en gran medida de la dinámica migratoria de saldo neto negativo en esta franja de edad, al igual que sucede en la población masculina entre 25 a 50 años, y en las mujeres de 30 a 44. Mientras que se evidencia un saldo migratorio positivo, en los varones a partir de los 49 años y en las mujeres de los 44 años.

13 Las inversiones privadas cobraron mayor dinamismo tras el aumento de la movilidad internacional del capital de las últimas décadas (Chesnais, 1994; Palazuelos, 1998; De Mattos, 2007).

14 Estos procesos presentan rasgos comunes en la urbanización de los bordes costeros en la región iberoamericana, como el peso mayoritario de las segundas residencias (Hidalgo Dattwyler et al., 2014).

REFERENCIAS

- Benseny, G. (2011). La valorización turística de la costa atlántica bonaerense. El surgimiento de Villa Gesell (Argentina). En *Encuentro Internacional de Turismo*.
- Bertolotti, M. I. y Gil De Muro, J.F. (1991). La provincia de Buenos Aires y su participación en el sector pesquero Argentino. *Frente Marítimo*, 8(sec. B), 119-125.
- Bertoncello, R. (1989). Turismo, medio ambiente y organización del espacio. La "Atlántida Argentina" (provincia de Buenos Aires). Buenos Aires: CONICET (informe final, mimeo).
- Bertoncello, R. (1992). Configuración socio espacial de los balnearios del Partido de la Costa. Serie monográfica. Buenos Aires.
- Brailovsky, A.E.; Foguelman D. (1993). *Memoria Verde*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- Cárcano, M.A. (1972). *Evolución histórica del régimen de la tierra pública*. Buenos Aires: Eudeba.
- Carvalho, K.D.; Guzmán, S.J.M. (2011). El turismo en la dinámica territorial ¿Lógica global, desarrollo local?. *Estudios y perspectivas en turismo*, 20,(2), 441-461.
- Chesnais, F. (1994). *La mondialisation du capital*. Paris: Syros.
- De Mattos, C. (2007). Globalización, negocios inmobiliarios y transformación urbana. *Nueva Sociedad*, (212), 82-96.
- Del Palacio, S. (1982). *Historia regional de Tuyú: Aspectos económicos y sociales de la región del Tuyú [1840-1890]*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Elkin, D.C.; Mundo, I.A. y Croce, J. (2015). *Primeras aproximaciones al Pecio de Costa del Este (Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires, Argentina)*.
- Fittipaldi, R.Á.; Mira, S.G.; Espasa, L.C.; Facchini, M.E. (2015). Aspectos socio-territoriales del fenómeno migratorio en Monte Hermoso. *Párrafos Geográficos*, 14(1), 1-22.
- Gaudemar, J.-P. de. (1977). *Mobilidade do trabalho e acumulação do capital*. Lisboa: Estampa.
- Giberti, H.C.E. (1981). *Historia Económica de la Ganadería Argentina*. Editorial Solar: Buenos Aires.
- Giovannetti, M. (2005). La conquista del noroeste argentino y los cultivos europeos. *Fronteras de la Historia*.
- Hidalgo Dattwyler, R.; Santana Rivas, D. y Villagrán Cerda, C. (2014). La producción inmobiliaria de segunda residencia en el borde costero del área metropolitana de Valparaíso (1992-2012): tipologías morfológicas en la comuna de Puchuncaví. *AUS (Valdivia)*, 16, 52-58.
- Hora, R. (2014). La elite económica Argentina, 1810-1914. *Revista de Sociología e Política*, 22(52), 27-46.
- INDEC (2012). Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010: censo del Bicentenario: resultados definitivos. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Lundberg, D.E. (1981). *El negocio del turismo*. México: Diana.
- Mantobani, J. (1997). Notas sobre el problema de la creación de los primeros balnearios argentinos a fines del siglo XIX. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, (11).
- Morello, J. (1983). Ecología, preferencias turísticas y ambientes extraurbanos. En: CLACSO (Ed.) *Medio ambiente y turismo*. Buenos Aires: CLACSO, pp. 55-72.
- Ordoqui, J. y Hernández, F. (2009). Caracterización socioterritorial de los asentamientos turísticos-balnearios del litoral marítimo de la Provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 18(1), 105-140.
- Palazuelos, E. (1998). *La globalización financiera: la internacionalización del capital financiero a finales del siglo XX*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Papson, S. (1980). *El turismo: una industria ilimitada*. Washington: Perspectivas Económicas, pp. 34-39.
- Pisani, M. (1997). *Sector vivienda: estudio preliminar, informe nacional sobre desarrollo humano sostenible*. Working Paper. Tegucigalpa: International Organization for Migrations.
- Santos, M. (2000). *La naturaleza del espacio: técnica y tiempo; razón y emoción*. Barcelona: Ariel Geografía.
- Schluter, R. (1983). *Turismo y parques nacionales*. Buenos Aires: CIET.
- Schluter, R. (1985). *Turismo y áreas protegidas en Argentina*. Buenos Aires: CIET.

Silveira, M. (2003). *Historia para arqueólogos. La cadena alimenticia del vacuno: época colonial y siglo XIX y su relación con el uso del espacio en la ciudad de Buenos Aires*. Buenos Aires: Instituto de Arte Americano en Investigaciones Estéticas.

Silveira, M.L. (2009). Finanzas, consumo e circuitos da economia urbana na cidade de São Paulo. *Caderno CRH, Salvador*, 22(55), 65-76.

Varela, J. (1997). *La región del Tuyú: apuntes de cátedra*. Inédito. Mar del Tuyú, 178 p.

Velázquez, G. y Otero, H. (2019). La calidad de vida por departamentos, provincias y regiones en el Primer Censo Nacional (1869). *Folia Histórica del Nordeste*, (34), 7-37.

Villar, M.C. (2003). Espacio, mito y representaciones sociales. Algunos ingredientes y un desarrollo por el litoral marítimo argentino. *Rev. Reflexiones Geográficas*, 20 pp.

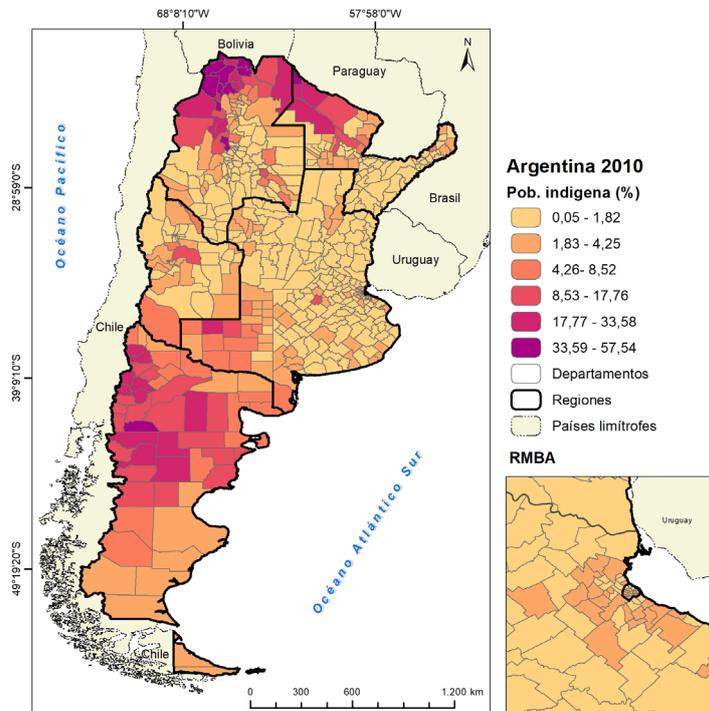
POBREZA, CALIDAD DE VIDA Y POBLACIÓN INDÍGENA EN ARGENTINA: ¿UNA CORRELACIÓN EXPLICATIVA?

Inés Rosso
CIG-IGEHCS-UNICEN

Palabras clave: Pobreza; Calidad de vida; Población indígena; Correlación

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo indagar en torno a la relación que existe entre indicadores de pobreza y calidad de vida, construidos principalmente a partir de los últimos datos censales disponibles, y la distribución de la población indígena reconocida oficialmente. Se trata de un análisis nacional a escala departamental, que pretende explorar información cuantitativa para la construcción de hipótesis sobre el complejo proceso de invisibilización, la obstaculización del autoreconocimiento de la población originaria en Argentina, así como el rol del Estado y las políticas públicas asociadas en la construcción o perpetuación de tales situaciones.



Mapa 1. Población indígena por departamento, 2010 (%)
Fuente: elaboración personal en base a INDEC (2010)

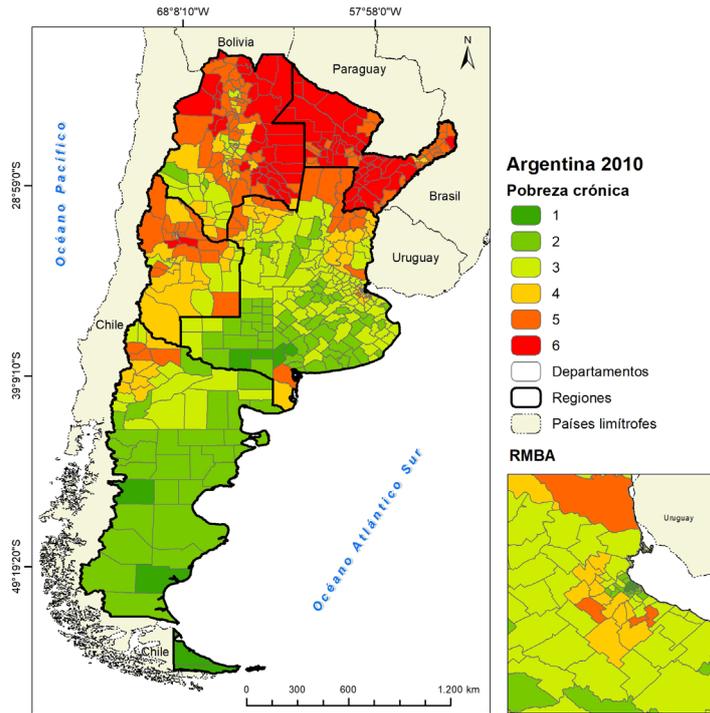
En cuanto a la distribución de la población que se autorreconoce indígena, es preciso resaltar que existe una controversia sobre los datos reconocidos oficialmente, fundada en el subregistro propio del método de relevamiento por muestreo utilizado para esta variable en el último censo del país (INDEC, 2010), a partir del cual se proyectaron los datos relevados en las ciudades con menos de 50.000 habitantes y en una muestra del 10% de las viviendas localizadas en las ciudades con más de 50.000. Según estos resultados, el número total de población indígena en Argentina asciende a 955.032 personas; si bien hay consenso sobre que el número sería significativamente mayor, se trata de las cifras oficiales más actuales con las que se cuenta y amerita considerarlas para el estudio que aquí se pretende.

El indicador de pobreza utilizado para el pretendido análisis está basado en el concepto de pobreza crónica, construido a partir de la idea de vulnerabilidad ya que define como pobres crónicos al 10% de la población argentina con mayor vulnerabilidad (Gasparini et al., 2019). Si bien, desde el posicionamiento teórico que subyace en el presente trabajo, no se acuerda con la idea de perpetuación insuperable de la situación de pobreza que subyace en el concepto de cronicidad, se considera que captar la situación estructural de condiciones de pobreza a partir de variables que den cuenta de contextos extremadamente vulnerables, puede ser de utilidad a los fines de identificar aquellos departamentos que exigen transformaciones socioeconómicas más profundas para salir de la situación de precariedad en la que se vive. Sintéticamente, el cálculo de pobreza crónica utilizado involucra los siguientes pasos (Gasparini et al., 2020):

1. Identificar un conjunto de variables potencialmente asociadas a la situación de pobreza de ingreso, presentes tanto en la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) como en el Censo (ej. educación de los miembros del hogar, edad, género, conformación familiar, etc.)
2. Estimar un modelo econométrico de pobreza en función de esas variables con datos de la EPH en cada semestre desde 2003 a 2018.
3. Aplicar los parámetros estimados de esos modelos para predecir la probabilidad de haber sido pobre de cada hogar i observado en el Censo en cada semestre.
4. Identificar para cada hogar i en el Censo el valor mínimo (pim) del conjunto de probabilidades estimadas en el paso anterior.
5. Ordenar a los hogares de todo el Censo de acuerdo a su valor de pim.
6. Definir como pobres crónicos al 10% de hogares con los mayores valores de pim. Una vez clasificados los hogares de esta forma, es posible computar la tasa de pobreza crónica de cada unidad geográfica (provincias, departamentos, radios censales).

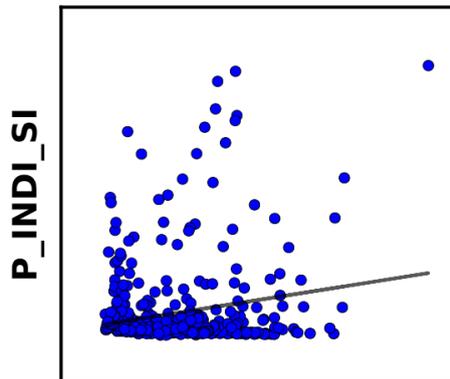
De este modo, se puede acceder a los resultados, cuyos autores los clasifican según conteo por nivel de incidencia de pobreza crónica, estableciendo las siguientes clases: Muy bajo (0 - 0,9%); Bajo (1 - 4,99%); Moderado (5 - 9,99%); Alto (10 - 14,99%); Muy alto (15 - 24,99%); Crítico (25 - 100%).

Para una primera aproximación exploratoria se realizó una regresión lineal global de mínimos cuadrados ordinarios (*Ordinary Least Squares OLS*). Este método se utiliza para generar predicciones o modelar una variable dependiente en términos de sus relaciones con un conjunto de variables explicativas; como todo análisis de regresión permite modelar, examinar y explorar relaciones espaciales y puede ayudar a explicar los factores detrás de los patrones espaciales observados. Con este procesamiento se pretende analizar si se puede o no establecer una relación entre los departamentos que se encuentran en la peor situación de condiciones de pobreza y la presencia de población que se autorreconoce indígena, bajo la hipótesis de que la vulneración de los derechos territoriales de los pueblos indígenas constituye la matriz de una historia de despojo, lo cual puede estar directamente vinculado a las situaciones de desventaja que estos padecen.

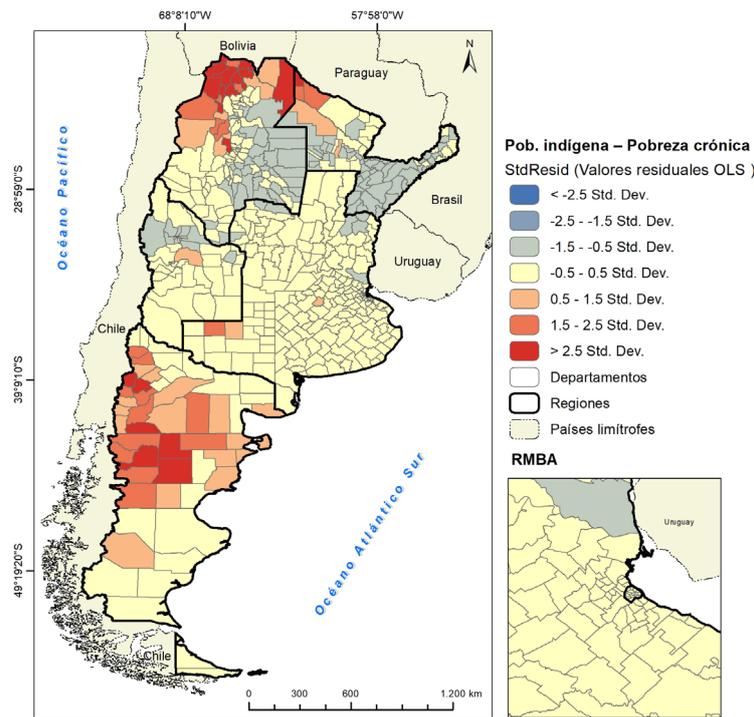


Mapa 2. Pobreza crónica por departamento, 2010
Fuente: elaboración personal en base a Gasparini et al. (2021)

Se consideró como variable independiente a la proporción de población que por departamento se autorreconoce indígena, mientras que como variable explicativa se consignó a la proporción de personas con pobreza crónica para esa misma unidad administrativa. El diagrama de dispersión representa la relación entre la variable explicativa y la variable dependiente, en donde fuertes relaciones aparecen como diagonales y la dirección de la inclinación indica si la relación es positiva o negativa. Tal como se observa a continuación la pendiente de la recta de regresión es positiva, sin embargo los resultados obtenidos no permiten afirmar que exista una correlación, ya que el análisis arroja un valor de R2 igual a 0,04.



Cabe indicar que se observa en los datos una cantidad significativa de departamentos con baja proporción de población indígena, evidenciado en la nube de puntos hacia la base del gráfico, lo cual obstaculiza el análisis global de los datos y opaca la relación de las variables en aquellas situaciones en las que la población en estudio es mayor. Otro señalamiento importante es que este tipo de métodos posee una alta sensibilidad a valores extremos. Tal como podemos observar en el mapa de valores residuales, los extremos coinciden con departamentos que presentan situaciones opuestas: alta proporción de población indígena con condiciones de pobreza crítica o muy alta y muy baja o baja, respectivamente.

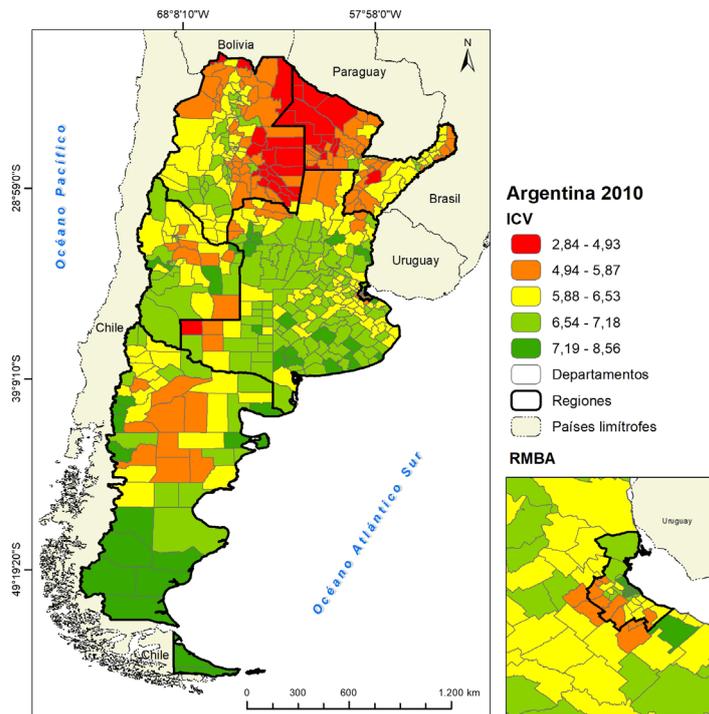


Mapa 3. Valores residuales OLS (Población indígena – Pobreza crónica)
Fuente: elaboración personal

Si bien el indicador de pobreza crónica aparece como representativo para evidenciar de manera precisa a la población con carencias económicas persistentes en el tiempo, para estudiar si existe una relación entre estas situaciones de vulnerabilidad y la distribución de población indígena en Argentina, resulta tal vez más interesante la posibilidad de incorporar en el análisis dimensiones socioeconómicas y ambientales que otorguen una perspectiva geográfica más amplia, ya que, en coincidencia con Celemin (2012), las diferencias territoriales son un reflejo de las inequidades de la población dentro de una sociedad definida temporal y espacialmente, por lo que la contribución empírica que puede realizarse desde la ciencia geográfica consiste en reconocer que la localización en el espacio tiene mucha importancia en las condiciones de vida de las personas.

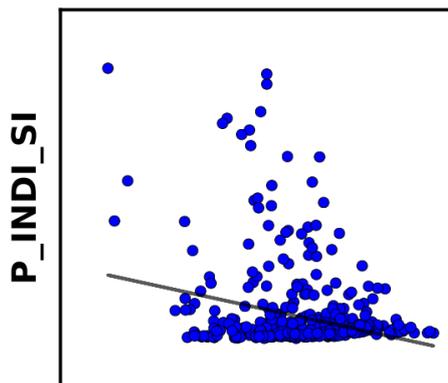
Amerita entonces replicar el mismo análisis con una indicador que cumpla con tal multidimensionalidad. El índice de calidad de vida (Velázquez et al., 2015; Velázquez, 2019), incluye dimensiones socioeconómicas y ambientales; en relación a las primeras se consideraron datos vinculados con indicadores como la educación, la salud o la vivienda, en cuanto a los denominados ambientales, se atiende por un lado a los clásicos problemas que pueden tener impacto negativo sobre el bienestar de la población residente –como inundabilidad, sismicidad, asentamientos precarios o contaminación- y, por otro, lo que denominan ‘recursos recreativos’ –que pueden ser ‘de base natural’, como las playas, relieves, balnearios o espacios verdes, o ‘socialmente construidos’, es decir, teatros, centros deportivos u otras actividades de esparcimiento- como algo que favorece una mejor calidad de vida. Se ponderan así los resultados y se establece un valor para cada departamento, en donde, los valores más bajos se asocian a una menor calidad de vida, mientras los más elevados implican mejores condiciones.

En este caso fueron definidas cinco categorías según cantidad de hogares por nivel de calidad de vida: Muy baja calidad de vida; Baja calidad de vida; Calidad de vida media; Calidad de vida alta; Muy alta calidad de vida (Velázquez et al., 2021)



Mapa 4. Índice de calidad de vida por departamento, 2010
 Fuente: elaboración personal en base a Velázquez et al. (2021)

Se procede entonces a realizar el mismo análisis de correlación que se ejecutó con la variable anteriormente presentada, a fin de cotejar su comportamiento en relación a la población indígena. En este caso los resultados arrojaron similares valores; si bien el R^2 es levemente superior (0,07), la recta presenta una pendiente negativa, lo cual indica que no hay correlación. Lógicamente los señalamientos realizados con el indicador anterior se repiten, presentando la nube de puntos con valores poco significativos en la base del gráfico y datos extremos con situaciones opuestas en los valores residuales.



Sin embargo, resulta importante señalar que del total de población indígena del país, el 26% se encuentra en departamentos que presentan un nivel de calidad de vida bajo o muy bajo, mientras que ese valor para el total nacional es de 18%. Tal evidencia obliga a profundizar el análisis explorando el comportamiento de este ICV en relación a la población indígena clave regional, ya que, tal como se observa en la tabla a continuación, en todas las regiones del país la población indígena habita mayoritariamente en departamentos con peores niveles de calidad de vida, alcanzando diferencias proporcionales muy altas como en el caso de NEA y NOA.

	Pob. Indígena		Departamentos con Calidad de vida Baja y Muy baja (%)		Departamentos con Calidad de vida Media, Alta y Muy alta (%)	
	Pob. Indígena	Pob. Total	Pob. Indígena	Pob. Total	Pob. Indígena	Pob. Total
Patagonia	145.126	2.051.803	4,7	1,7	95,3	98,3
Pampeana	239.317	13.579.006	3,8	3,5	96,2	96,5
RMBA	248.516	12.693.861	32,4	30,9	67,6	69,1
NOA	173.436	4.871.934	46,7	26,0	53,3	74,0
NEA	91.655	3.651.507	72,2	39,4	27,8	60,6
Cuyo	56.982	2.822.988	10,5	4,0	89,5	96,0
Total	955.032	39.671.099	26,1	18,3	73,9	81,7

Tabla 1. Proporción de población indígena y total por regiones, según situación departamental de ICV
Fuente: elaboración personal en base a INDEC (2010) y Velázquez et al. (2021)

Si bien el análisis de correlación no arrojó resultados positivos es evidente que existe una vinculación entre las variables, aunque no hay condiciones para generalizar un comportamiento lineal en todo el territorio nacional. Sin dudas, una continuidad de este análisis debe contemplar un estudio a mayor escala, que permita conocer el comportamiento de tales variables al interior de los departamentos, así como un análisis diferencial por región a fin de esbozar hipótesis particulares sobre la situación de precariedad de las condiciones de vida de la población indígena.

REFERENCIAS

- Celemín, J. (2012). Asociación espacial entre fragmentación socioeconómica y ambiental en la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *Eure*, 38, 33-51.
- Gasparini, L.; Gluzmann, P. y Tornarolli, L. (2019). Pobreza Crónica en Datos de Corte Transversal: Estimaciones para Argentina. *Documentos de Trabajo del CEDLAS*, (252), octubre, 2019, CEDLAS-Universidad Nacional de La Plata. Este trabajo fue realizado en el marco de un proyecto conjunto con CIPPEC y PNUD.
- Gasparini, L.; Gluzmann, P.; Tornarolli, L.; Díaz Langou, G.; Florito, J.; della Paolera, C.; Tuñón, I. y Márquez, A. (2020). *Pobreza crónica*. Recuperado el 7 de agosto, 2021, de <https://mapa.poblaciones.org/map/42901>
- INDEC (2010). Censo nacional de Población, Hogares y Viviendas.
- Velázquez, G. (2019). Geografía y cambios en la calidad de vida de los argentinos una perspectiva territorial a la luz del siglo XXI. *Punto Sur*, 1(1).
- Velázquez, G.; Celemin, J.P.; Mikkelsen, C. y Linares, S. (2015). Geografía y calidad de vida en la Argentina del Bicentenario. *Acta Geográfica*, 9(20).
- Velázquez, G.; Linares, S.; Celemin, J.P.; Manzano, F.; Tisnés, A. y Arias, M.E. (2021). Índice de Calidad de Vida a escala departamental. Recuperado el 7 de agosto, 2021, de <https://mapa.poblaciones.org/map/69101>

SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA DE LA PROVINCIA DEL CHACO ANTE EL COVID-19: ANÁLISIS ESPACIAL DEPARTAMENTAL EN EL PRIMER AÑO DE PANDEMIA

Liliana Ramírez
UNNE-CONICET

Romina Claret
UNNE-CONICET

Julio Meza
UNNE-CONICET

RESUMEN

Cuando en marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la ocurrencia de la pandemia de COVID-19, la comunidad científica respondió con una gran diversidad, variedad y amplitud de trabajos, ensayos e investigaciones relacionados con la aparición, dis-

tribución y difusión de la enfermedad a nivel global. El propósito era investigar el comportamiento del virus SARS-coV-2, su evolución, distribución, propagación, población afectada, y, principalmente, la manera de combatirlo, de este modo se podrían exponer recomendaciones, sugerencias o aportes para orientar la gestión e intervención de los distintos agentes decisores y actores involucrados en la contención de la pandemia.

Los antecedentes y estudios realizados hasta el momento son muy disímiles y muestran una alta variabilidad y dinámica de la enfermedad. En esa línea se presenta esta contribución cuyo objetivo principal es plasmar la evolución, distribución y difusión del virus SARS-coV-2, también denominado COVID-19, en la provincia argentina del Chaco. Se analiza la situación departamental en el primer año de pandemia.

Palabras clave: COVID-19; Chaco; Distribución; Difusión; Evolución

FUENTES DE INFORMACIÓN, MATERIALES Y MÉTODOS

Las fuentes de información que dan sustento a esta contribución son datos proporcionados por el Ministerio de Salud de la República Argentina disponibles en el portal de los Datos Abiertos del Ministerio de Salud de la República Argentina (<http://datos.salud.gob.ar/dataset/covid-19-casos-registrados-en-la-republica-argentina>).

Para abordar el análisis de la evolución espacio-temporal del nuevo virus COVID-19 en la provincia del Chaco fue necesario, inicialmente, normalizar los datos obtenidos de las fuentes oficiales. Luego, fueron sometidos a procesos estadísticos y de representación tanto gráfica como cartográfica. Los gráficos se emplearon para vislumbrar las características de la población infectada: edad, sexo, rama ocupacional, cobertura sanitaria, y para conocer el comportamiento de datos referidos a infectados y fallecidos. Mientras que, mediante el empleo de cartografía temática de coropletas y símbolos proporcionales fue posible visualizar la distribución espacial de los datos georreferenciados (casos confirmados y fallecidos), tanto por departamentos como por localidad.

RESULTADOS

Evolución de los casos detectados

El día martes 3 de marzo de 2020, el Ministro de Salud de la República Argentina, Ginés González García, confirmaba el primer caso de COVID-19; se trataba de un paciente de 43 años que llegó a Buenos Aires procedente de Milán, Italia. Así se iniciaba la evolución, distribución y difusión de la enfermedad en este país, y en este contexto que la Geografía de la Salud y la Epidemiología Espacial, especialidades de la Geografía y de la Medicina respectivamente cuyos campos de estudio se entrelazan, se caracterizan por recurrir a métodos, técnicas y procedimientos de tratamiento y análisis de datos apropiados para contribuir al conocimiento de la dinámica de esta patología (Ramírez, 2020, p. 3).

En el país eran 17 los casos confirmados de COVID-19 y se había reportado el primer fallecimiento, cuando en la provincia del Chaco, el Ministerio de Salud del Chaco anunció el 9 de marzo los dos primeros casos de COVID-19 importados. A partir de ese momento los casos fueron en aumento con una curva en permanente ascenso.

En el gráfico 1 se puede visualizar que, al 31 de marzo de 2021 (poco más de un año de pandemia), se registraban 67.481 casos de COVID-19, este dato absoluto significaba que un 5,6% de la población estaba contagiada o ya había contraído la enfermedad. En la gráfica siguiente vemos que la curva de casos acumulados se dibuja con un pronunciado aumento, mientras que las barras muestran que los últimos tres meses del período analizado son los que registraron mayores contagios (el mes de febrero muestra un menor registro debido a que es un mes con menos días).

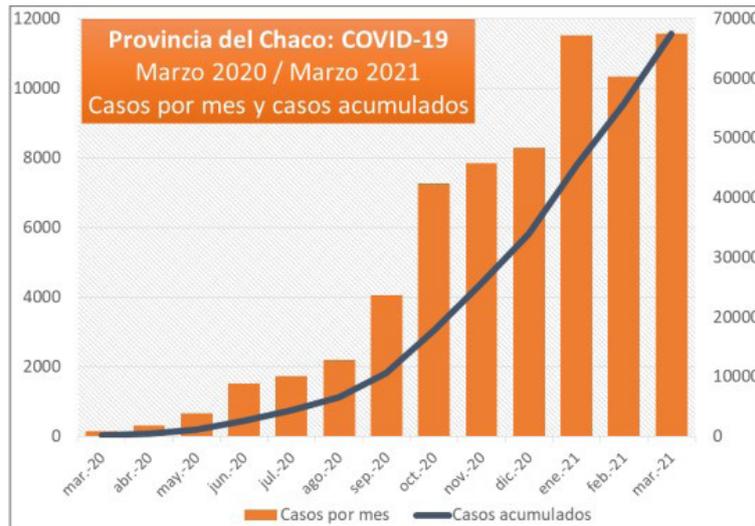


Gráfico 1. Provincia del Chaco. COVID-19, marzo 2020/marzo 2021. Casos por mes y casos acumulados
Fuente: elaboración personal en base a datos del Ministerio de Salud de la República Argentina

Composición por edad y sexo de los casos detectados

Los datos que se analizan permiten apreciar que 35.019 casos fueron del sexo femenino (51,9%), 32.059 del sexo masculino (47,5%), mientras que en 403 registros no se brindó esta información (0,6%). En el gráfico 2 se visualiza la distribución de los casos teniendo en cuenta la edad y el sexo de los infectados. Como se aprecia en la silueta de la pirámide, el comportamiento o dinámica de la enfermedad es muy semejante según el sexo registrado ya que no se advierten diferencias marcadas. En cuando a la edad, ocurre algo semejante ya que el promedio en el sexo femenino fue de 39,9 años, mientras que en el caso del sexo masculino fue de 39,8 años. En otro orden si se analiza la edad media de los fallecidos la situación se modifica, ya que en el caso del sexo masculino la edad media de los difuntos es de 68 años, mientras que en el sexo femenino es de 69,1 años.

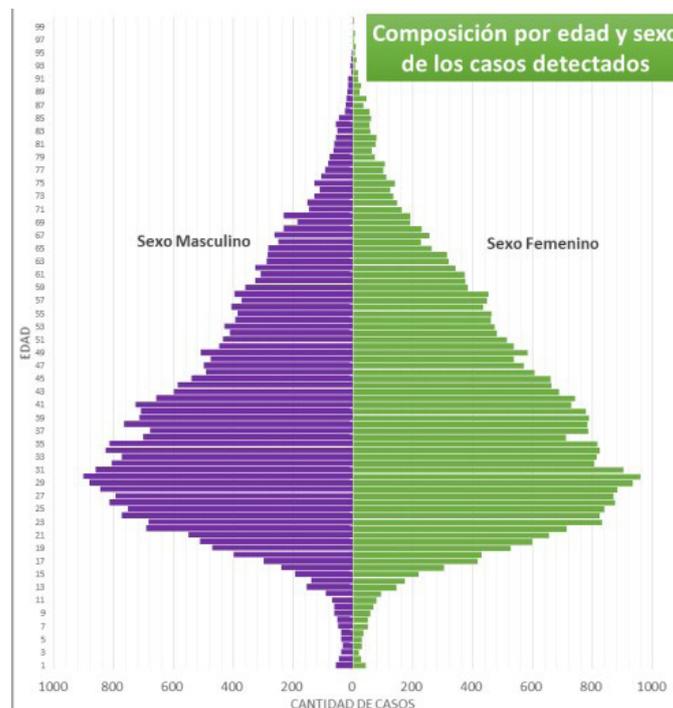


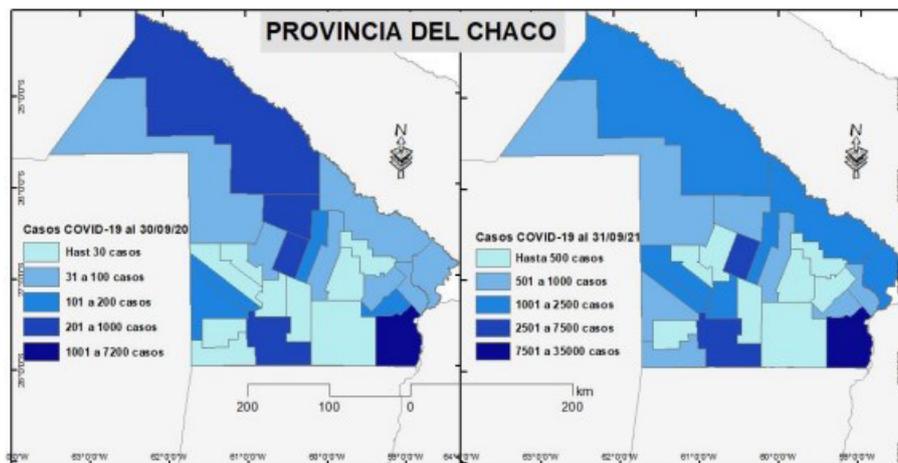
Gráfico 2. Composición por edad y sexo de los casos detectados
Fuente: elaboración personal en base a datos del Ministerio de Salud de la República Argentina

Distribución y difusión de los casos detectados

La Geografía como ciencia espacial (Buzai, 2020), se presenta como la disciplina con el mayor potencial para el estudio del comportamiento espacial de este virus. De esta manera, la Geografía de la Salud (Buzai, 2015), permite realizar aportes en un nivel de focalización espacial, apoyado en conceptos como los de localización, distribución espacial, asociación espacial, interacción espacial y evolución espacial (Humacata, 2020, p. 264).

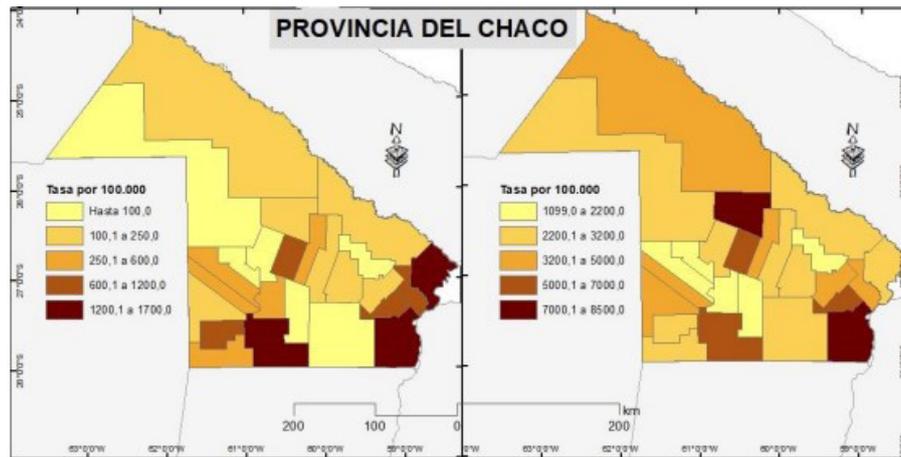
Es así como analizar la evolución espacio-temporal de los casos confirmados y/o fallecimientos ayuda a entender cómo ocurre el contagio, cómo se propaga y por tal, ayuda a diseñar estrategias de intervención enfocadas a disminuir el impacto en la salud de las poblaciones (Cuartas et al., 2020).

En la provincia del Chaco, el primer caso confirmado de COVID-19 ocurrió en la ciudad de Resistencia, capital provincial emplazada en el departamento San Fernando, esta jurisdicción ubicada en el extremo sureste de la provincia fue siempre la que registró la mayor cantidad de casos dado el peso demográfico con que cuenta. En las representaciones que siguen se ha ilustrado la situación al 30 de septiembre del año 2020 cuando habían transcurrido seis meses de pandemia y al 31 de marzo de 2021 es decir al cumplirse un año de esta enfermedad. Como podemos apreciar y en concordancia con el gráfico 1 antes presentado, el aumento de casos fue muy significativo, quintuplicándose los registros entre septiembre de 2020 y marzo de 2021. En ambos casos el departamento San Fernando es el que registraba la mayor cantidad de casos, seguido por Comandante Fernández y Mayor Luis Fontana que albergan al Área Metropolitana del Gran Resistencia, Presidencia Roque Sáenz Peña y Villa Ángela, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la República Argentina.

Un análisis complementario al anterior se refiere a la visualización espacial de la distribución de las tasas de personas infectadas por cada 100.000 habitantes (para ese caso se consideró la población por departamento proyectada al año 2020) métricas que se exponen en las representaciones siguientes. De igual modo que para los valores absolutos las tasas entre septiembre 2020 y marzo 2021 se quintuplicaron y también en ambos momentos el departamento San Fernando fue el de mayores registros; sin embargo las jurisdicciones de más altas tasas no eran las de mayor población sino que se trataba de otros espacios, Puerto Bermejo y Mayor Luis Fontana en el mes de septiembre 2020 y Maipú en el mes de marzo 2021.



Fuente: elaboración personal en base a datos del Ministerio de Salud de la Rep. Argentina

CONCLUSIONES

Los comentarios finales se exponen en referencia a los cuatro conceptos clave que se analizan en este aporte: evolución, distribución, difusión de los casos detectados y características de la población afectada.

- » En relación a la evolución se ha podido observar que en el período analizado (9 de marzo de 2020 al 31 de marzo de 2021) el crecimiento de los casos siempre fue ascendente. El gráfico 2 (ut. supra) referido a la provincia del Chaco permite apreciar que hasta agosto del año 2020 el incremento fue lento, luego comienza a observarse un crecimiento moderado, sin embargo hacia octubre el ascenso de los casos positivos manifiesta una aceleración muy significativa.
- » En relación a la distribución, la cartografía permite observar que durante el periodo analizado, los departamentos San Fernando (51,9%), Comandante Fernández (11,0%) y Mayor Luis Fontana (7,5%) son los que reúnen el mayor número de casos de Covid-19 positivos en la provincia.
- » En relación a la difusión, el análisis a escala provincial señala que el primer caso se registró en el departamento San Fernando (07/03/2020), luego la difusión alcanzó al departamento Mayor Luis Fontana y Puerto Bermejo (17/03/2020) y unos días después (20/03/2020) el virus se registró en las puertas del Impenetrable en el departamento General Güemes.
- » En relación a las características demográficas de la población involucrada es posible afirmar que no se observan diferencias significativas ni en la variable sexo ni tampoco en la variable edad.

REFERENCIAS

Arango-Londoño, D.; Guzmán-Escarria, G.; Muñoz, E.; Caicedo, D.; Ortega, D.; Fandiño-Losada, A.; Mena, J.; Torres, M.; Barrera, L. y Méndez, F. (2020) Análisis espacio-temporal del SARS-coV-2 en Cali, Colombia. *Rev. Salud Pública*, 22(2), 1-6 Recuperado a partir de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v22n2/0124-0064-rsap-22-02-e204.pdf>

Diario Norte (9 de abril de 2020). A un mes del ingreso del coronavirus al Chaco. Recuperado de: <https://www.diarionorte.com/190711-a-un-mes-del-ingreso-del-coronavirus-al-chaco>

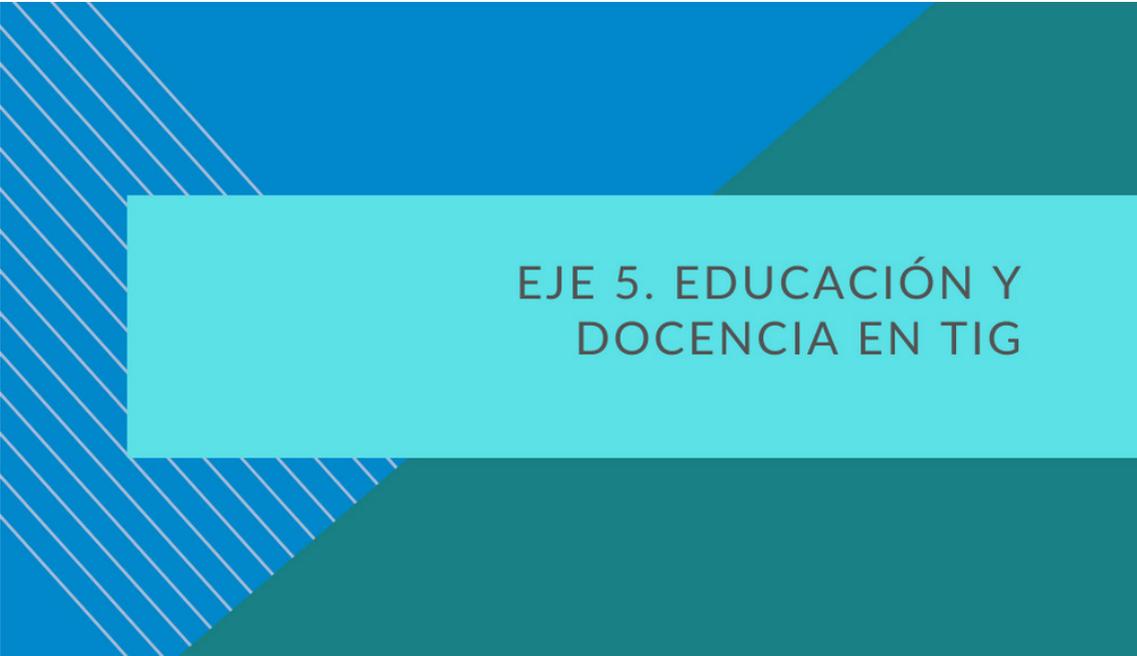
Díaz-Castrillón, F. y Toro Montoya, A. (2020). SARS-CoV-2/COVID-19: el virus, la enfermedad y la pandemia. *Artículo de revisión*, 24(3). Recuperado de: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1096519/covid-19.pdf>

Humacata, L. (2020). Análisis espacial del COVID-19 en los partidos de la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina), durante los meses de marzo a agosto de 2020. *Cardinalis*, 8(15), 263–278. Recuperado a partir de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cardi/article/view/31763>

Ramírez, L. (2020). Evolución, distribución y difusión del COVID-19 en Argentina: primer mes

(03/03/2020 - 02/04/2020). *Revista POSICIÓN 2020*, 3. ISSN 2683-8915 [en línea] Recuperado a partir de: www.posicionrevista.wixsite.com/inigeo

Organización Mundial de la Salud. COVID-19: cronología de la actuación de la OMS (27 de abril de 2020). Recuperado de: <https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>



EJE 5. EDUCACIÓN Y
DOCENCIA EN TIG

LA EXPERIENCIA DE ENSEÑANZAS-APRENDIZAJE DE TIGS EN ÉPOCA DE PANDEMIA

Norma Beatriz Monzón
FHUNNE

En el año 2020, debido a las condiciones impuestas por el ASPO (Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio) como consecuencia de la pandemia por COVID-19, que sumergió al mundo en condición de situación pandémica que rige desde marzo de 2020. Esto puso a la sociedad entera frente a nuevos desafíos cargados de incertidumbres en distintos aspectos de la vida diaria. De pronto, o de un momento a otro todo lo que usualmente se desarrollaba en nuestro día a día se vio alterado, suspendido, se nos obligó a realizar cambios drásticos en nuestro estilo de vida. Todo lo cual generó consecuentes impactos de magnitudes aún sin cuantificar en su totalidad.

Rápidamente se generaron todo tipo de instrumentos y protocolos tras un intento de poner cierto orden entre tanto caos e incertidumbre. DNU (Documentos de Necesidad y Urgencia), uno tras otro fueron presentados por el Gobierno Nacional, renovándolos continuamente y sucesivamente cada 20 días aproximadamente. Las provincias adherían, luego cada provincia fue aprendiendo de su propia experiencia con el desarrollo del virus según su evolución.

La educación fue uno de los aspectos que tuvo que reglamentarse para continuar con la menor interrupción posible. La educación por sus características propias de comunidad, servicio esencial, dinámica de proceso, involucramiento y pertenencia familiar (esto más aún en niveles inicial y primario) fue un área que debió ser atendida de manera prioritaria para garantizar su continuidad y no interrupción. Es así como autoridades de los distintos estamentos de la educación pública y privada se avocaron sin descanso a tomar las medidas necesarias para garantizar aquello.

Fue así como se inició un proceso de pasar de la presencialidad a la virtualidad. Cuestión tan titánica como dificultosa, con el agravante de que no ocurrió un tiempo necesario de transición durante el cual se adaptarían las estructuras y se considerarían las medidas más adecuadas a tal efecto. Además de lo reglamentario, la otra pata de esta estructura en educación fue la adaptación de las estrategias de enseñanza pensadas y aplicadas en interacción presenciales a las condiciones de virtualidad.

Cuando la comunidad educativa se encuentra ante esta situación surgieron muchas dudas en torno a que si esto resultaría o no, si se lograrían los objetivos planteados, básicamente si el alumno lograría aprender. En cuanto a la transmisión de conocimientos referidos a TIGs y SIGs el desafío fue mayor, pues se necesitan de estrategias realmente interactivas docente-estudiante para poder llegar con determinados contenidos referidos al manejo de *software* específicos para elaboración de cartografía temática, análisis de redes, aplicación e interpretación de determinadas herramientas virtuales y de procesos geoestadísticos.

Pero la realidad nos desafiaba sin chance, el único camino era adaptar todo lo que se tenía preparado para la presencialidad a la virtualidad. Recordemos otros ingredientes, corría el mes de marzo del año 2020, el inicio del trimestre estaba a días de iniciarse, era la primera vez que ocurría algo de tal magnitud por lo cual no existían antecedentes de ningún tipo para tomar modelos o ejemplos a seguir y en esas condiciones se nos presenta una realidad donde la única vía de transmisión de conocimientos era la virtualidad, lo cual requería de una sola fuente de comunicación, de traspaso de contenidos: internet.

Esta situación conlleva demandas que no encuentran respuestas en el actual sistema educativo tradicional, razón por la cual la transmisión de conocimientos tuvo que encontrar los caminos tecnológicos más adecuados, innovando a cada paso, desafío doblemente dado a la hora de considerar la enseñanza de TIGs y SIGs por su particular contenido de manejo de bases de datos, interrelación de elementos, interpretación de geodatos, interoperabilidad y conocimiento de distintos *software* entre otras tantas características propias.

En un contexto donde alumnos y docentes debieron permanecer en sus hogares resultaron en grandes inconvenientes de conexión, de acceso a internet y de disponibilidad de equipamiento necesario. Recordemos que fue frecuente el caso de que en la casa uno de los padres o los dos

requerían de la computadora para la continuidad de sus jornadas laborales, y así mismo los hijos en edad escolar o estudiantes universitarios también la requerían y sabemos que el ideal de que cada uno tenga su computadora está muy lejos de la realidad en los hogares argentinos.

El presente trabajo pretende mostrar las herramientas de las cuales nos valimos desde la cátedra Técnicas en Geografía II para salvar la primera experiencia de dictado totalmente virtual, esto es, en el trayecto académico 2020.

La cátedra de Técnicas en Geografía II se dicta en el segundo nivel de las carreras de Profesorado y Licenciatura en Geografía y de las tecnicaturas universitarias en Sistemas de Información Geográfica y en Ordenamiento Territorial, todas del Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Nordeste. Se desarrollan contenidos relacionados con la elaboración de cartografía temática virtual mediante el uso de QGIS.

Los alumnos, son parte importante en este esquema que estamos detallando y también tuvieron que adaptar sus recursos materiales, modos de adquirir el conocimiento, de pasar al docente sus producciones, modo de adecuar el hogar a las nuevas demandas.

Por su parte, las docentes de la cátedra imprevisiblemente tuvieron que gestionar nuevas herramientas para dar continuidad de la currícula las cuales fueron: aula virtual de la plataforma MOODLE, plataforma Zoom, canal de Youtube, videos tutoriales y presentaciones de PPT con audio.

> Aula virtual de la plataforma MOODLE

(<https://virtual-moodle.unne.edu.ar/course/view.php?id=1784>)

En la cual se organizó la cátedra en módulos teóricos y módulos prácticos, el proceso de enseñanza aprendizaje en este sitio *web* se dictaba de manera diacrónica.

Los trabajos prácticos se desarrollaron en once módulos, relacionados con las clases teóricas. La mayor parte de las actividades prácticas están en relación con la elaboración de cartografía temática digital utilizando el software QGIS 3.10.

La organización de los trabajos prácticos consistió en una introducción al tema utilizando un PDF o un PPT con audio, y en los casos específicos de elaboración de cartografía digital se elaboraron videos tutoriales los cuales fueron colgados también en el canal Youtube de la cátedra, a la vez que, en la sección de evaluación se colgaron las actividades prácticas que los alumnos debían cumplir y devolver en una fecha establecida.

> Plataforma Zoom

Mediante este recurso tecnológico se realizaban clases sincrónicas semanales, en las cuales las docentes desarrollaban el tema en curso en esa semana y evacuaban dudas y consultas de los alumnos utilizando el recurso de pantalla compartida.

> Canal de Youtube

(<https://www.youtube.com/channel/UCYlci6uPLcJr-3q9v8Je3LQ>)

En este recurso se colgaron los videos tutoriales autoría de la docente de trabajos prácticos. Los mismos están referidos a las técnicas de elaboración de cartografía temática digital utilizando el software QGIS 3.10

> Cartodiagrama

https://www.youtube.com/watch?v=zXG1DjLL7io&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII

> Mapa de símbolos proporcionales

https://www.youtube.com/watch?v=MdUv6PQ95iA&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII

> Simbolización capas de líneas

https://www.youtube.com/watch?v=rNMVRwEOXKk&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII

- > Simbolización capas de polígonos
https://www.youtube.com/watch?v=GRMfza5WLZ8&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII
- > Simbolización capas de puntos
https://www.youtube.com/watch?v=nx2GL1EfSzY&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII
- > Coropletas
https://www.youtube.com/watch?v=KWEL78yMcRU&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII
- > Mapa Nominal
https://www.youtube.com/watch?v=KWEL78yMcRU&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII
- > Simbolización graduados
https://www.youtube.com/watch?v=gReA-s-sq54&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII
- > Menú de simbolización
https://www.youtube.com/watch?v=ckZW_gXn2OY&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII
- > Manejo del color
https://www.youtube.com/watch?v=6U1ai6FLQnE&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII
- > Simbolización categorizados
https://www.youtube.com/watch?v=RI9SQQRKPW0&ab_channel=T%C3%A9cnicasenGeograf%C3%ADaII

Con todo, al finalizar la cursada pudimos concluir que estas nuevas experiencias de aplicar el proceso de enseñanza-aprendizaje fue muy valiosa pues tanto las docentes como los alumnos aprendimos mucho, y más allá de los contenidos de la curricula, se desarrollaron nuevos aprehenderes y habilidades. Se conoció otra manera de abordar la transmisión de los conocimientos a la hora de impartir el manejo de software compatible con entorno SIG.

Así como las TIGs son aplicables y cada vez más incluidas y necesarias en el diario vivir, extralimitando su uso exclusivamente a la academia, ahora podemos afirmar que también su aprendizaje efectivo puede lograrse sin necesidad de cohabitar en un espacio físico, que la virtualidad tiene usos didácticos efectivos.

UN MODELO PEDAGÓGICO VIRTUAL CENTRADO EN LA ENSEÑANZA DE LAS GEOTECNOLOGÍAS POR RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Daila Pombo

Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Humanas, Instituto de Geografía

María Celeste Martínez Uncal

Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Humanas, Instituto de Geografía

María Carolina Diharce

Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Humanas, Instituto de Geografía

RESUMEN

Esta ponencia tiene por objetivo aportar a la formación –disciplinar y pedagógica– de los graduados y futuros docentes del profesorado de Geografía de la Facultad de Ciencias Humanas, UNLPam, repensando la enseñanza en estos tiempos de virtualidad o no. En este sentido,

se intenta poner a disposición elementos explicativos para el diseño de estrategias de enseñanza basada en la resolución de problemas. La idea central es aportar dichos elementos desde el orden conceptual y práctico para diseñar programas de enseñanza aplicándola a los diferentes programas del Profesorado y Licenciatura de Geografía.

Los procesos de innovación tecnológica en la didáctica de la Geografía, están estrechamente ligados a la investigación educativa y viceversa existiendo numerosos retos e innovaciones para pensar la formación y promover el pensamiento crítico.

Palabras claves: TIG; Resolución de problemas; Aprendizaje activo; Pensamiento crítico

INTRODUCCIÓN

La educación geográfica está siendo sometida a importantes cambios como consecuencia de las innovaciones pedagógicas, de la puesta en marcha de nuevos métodos de enseñanza, de la renovada vigencia de los contenidos geográficos en el mundo –local–, pero también a la consolidación de un saber científico propio, a saber, el conocimiento geográfico educativo (González, 2002). A pesar de esto, una de las dificultades que sigue afectando la enseñanza de la Geografía es el uso de una metodología tradicional basada en la memoria y la repetición. El proceso de enseñanza y aprendizaje conocido parece estar alejado de la realidad, en una sociedad que cambia constantemente; los/as docentes utilizan los mismos recursos (clases expositivas y libros de textos o fotocopias) hace varias décadas y los/as estudiantes copian, memorizan y atienden las explicaciones de los/as profesores como si la ciencia y la tecnología no estuvieran presentes en este ámbito, sin embargo, es necesario seleccionar nuevos contenidos, estrategias y recursos que se acerquen a las nuevas tecnologías.

Con la virtualización sucede lo mismo. El aula virtual es considerada una innovación en la inserción de las TIG en la docencia universitaria y secundaria. Sin embargo, la experiencia y la literatura demuestran que normalmente se transfiere al espacio virtual un modelo tradicional de formación, que apela a metodologías conductistas. Se pasa del aula presencial al aula virtual, recreando los mismos espacios y funcionamientos (Adell, 2004). Se requiere avanzar en el diseño de entornos virtuales de aprendizajes (EVA), centrados en el/a estudiante, de modo de generar experiencias de formación virtual de calidad que aporten a un aprendizaje significativo de los/as estudiantes (Silva, 2011). Es necesario que los/as docentes adquieran las competencias necesarias para la integración de las TIG en su práctica docente a nivel general y específicamente en el área virtual diseñando y moderando EVA, migrando desde las metodologías centradas en el/a profesor/a, hacia metodologías y e-actividades centradas en el/a estudiante (Miranda et al., 2010).

Por este motivo se considera necesario aprovechar las geotecnologías disponibles (sistemas de información geográfica –SIG–, imágenes satelitales, GPS, cartografía, entre otras) con la finalidad de promover aprendizajes significativos, el pensamiento crítico, la innovación y la creatividad. Así, se extiende la idea de la necesidad de formar a los/las estudiantes no solo para el trabajo sino también para ser ciudadanos/as que tengan capacidad de pensar críticamente. Esta capacidad les permite pensar y solucionar problemas por sí mismos/as, tomar decisiones aceptadas de manera individual y colectiva (Pombo y García, 2019, p. 16).

Se presenta una propuesta metodológica centrada en un modelo flexible que se adapta a diferentes contextos, temáticas y estudiantes; en donde se intenta aportar estrategias a los/as docentes del nivel secundario/universitario por medio del método por resolución de problemas, además de insertar en el mismo el uso de las TIG como herramientas válidas para el desarrollo crítico y reflexivo de los/as estudiantes dentro de un entorno virtual. Se concibe la formación como una práctica educativa y social en tanto que la educación es inseparable del proceso de formación como resultado de pensar sobre la realidad.

En una primera parte se contextualiza el uso de las TIG en el marco de la Geografía, se explica, por un lado, la importancia de los cambios que son necesarios en la enseñanza y por el otro, especialmente, la enseñanza basada en problemas. Se abordan las principales perspecti-

vas de esta y la importancia que implica este método de indagación para construir estrategias de enseñanza a partir de contenidos académicos y su problematización.

En una segunda parte se hace referencia a diseños de propuestas de enseñanza a partir de conocimientos propios de la Geografía, a través de la resolución de problemas mediante actividades que implican el uso de geotecnologías en el aula. Esto permite generar cartografía como una herramienta que posibilita a los/as estudiantes no solo producir información temática sino, además indagar, investigar y descubrir. Estas propuestas son diversas en el manejo de materiales didácticos en los que se destaca el uso de imágenes satelitales, cartografía a distintas escalas, etc.

Finalmente, muchos autores coinciden que el pensamiento geográfico no puede adquirirse por mera transmisión, sino que exige un aprendizaje activo, o sea, por descubrimiento, en el que los/as estudiantes dominen los procedimientos y habilidades de indagación. En este sentido, se puede sostener que no es suficiente el conocimiento para desarrollar el pensamiento crítico. Este requiere del manejo de habilidades de nivel superior vinculadas a la capacidad de clarificar la información, a la capacidad de elaborar un juicio sobre la fiabilidad de la información y a la capacidad de evaluar información. El pensamiento crítico es un proceso de búsqueda de conocimiento, a través de las habilidades de razonamiento, toma de decisiones y solución de problemas.

DESARROLLO

Las geotecnologías son una nueva forma de acceder y conceptuar la realidad a partir de la aplicación de la informática, tecnologías y conocimientos nuevos con el fin último de tomar decisiones en el territorio (Buzai, 2011). Constituyen herramientas, métodos y técnicas que conforman un conjunto de tecnologías destinadas a la obtención, análisis y disponibilidad de información con referencia geográfica (...) (Chuvieco et al., 2005).

En este sentido, la enseñanza de la Geografía, desde un posicionamiento crítico, no busca la incorporación de las geotecnologías solamente como un conjunto de herramientas, sino potenciar el aprendizaje a partir de nuevas estrategias didácticas en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Algunas de las actividades que se realizaban con regularidad con los/as estudiantes como, por ejemplo, las salidas a campo no se reanudaron en la actualidad, aunque posibilitan un conocimiento significativo brindando contextos inmejorables para el descubrimiento. Por este motivo, se ha decidido realizar una salida a campo virtual.

Como método pedagógico, clásico y tradicional, orientado al estudio del paisaje y la interrelación de sus componentes naturales y humanos, se ha venido utilizando desde entonces el denominado como trabajo de campo o salida de campo. El desarrollo de los medios de transporte y de los medios técnicos, materiales de observación y recolección de información, recursos cartográficos, etc., ha introducido pequeños avances en este método de trabajo de campo basado, esencialmente, en la visita y estudio *in situ* de un determinado espacio geográfico.

A inicios del año 2020 cambiaron las lógicas en el proceso de enseñanza y aprendizaje interrumpiéndose la presencialidad hasta la actualidad en el nivel universitario. Esto determinó buscar nuevas estrategias de aprendizaje en línea.

En este contexto marcado por una mayor dificultad para organizar salidas de campo, con la finalidad de seguir ofreciendo una serie de acciones formativas que permitan a nuestros estudiantes alcanzar una serie de competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales que se conseguían a través de este trabajo de campo, se plantea desarrollar una propuesta de innovación docente basada en la realización de itinerarios didácticos virtuales.

De esta manera, por medio de la integración de distintas herramientas (*Google Earth*, imágenes satelitales, SIG, etc.) donde la utilización de geotecnologías brindan

la posibilidad de un conocimiento escolar integrado que puede ir adoptando significados más complejos. Esta herramienta dinamiza estrategias didácticas con un tratamiento diverso de los contenidos que se enseñan, a partir del uso abierto y compartido de los datos georreferenciales de naturaleza geográfica e histórica. Es evidente la necesidad de sumar la tecnología en la educación, como herramienta de acceso a la información y como generadora de conocimiento. (García y Pombo, 2019, p. 39)

La teledetección y los SIG son algunas de las tecnologías que se presentan como herramientas para la enseñanza de diversas disciplinas con visión geoespacial. Los SIG constituyen el núcleo de la geoinformática y se apoyan en diferentes programas a fin de lograr la integración más eficaz para el tratamiento automatizado de los datos geográficos (Buzai, 1999). Estos pueden entenderse como una caja de experimentación que permite plantear diversos escenarios o modelos virtuales de un determinado lugar o territorio, ya sean construidos o proyectados. Los SIG permiten a los geógrafos y docentes realizar complejos análisis mediante la recolección, organización, análisis y presentación de grandes volúmenes de datos espaciales y no espaciales (Zappettini y Lertora, 2008). Asimismo, se plantea la enseñanza de la Geografía a través de integrar crítica y creativamente las TIG como recurso didáctico a la hora de definir estrategias de enseñanza por medio de metodologías activas.

Por metodologías activas se entiende aquellos métodos, técnicas y estrategias que utiliza el/a docente para convertir el proceso de enseñanza en actividades que fomenten la participación activa del/a estudiante y lleven al aprendizaje (Labrador y Andreu, 2008). Estas metodológicas activas, redefinen el proceso de enseñanza y aprendizaje, pasando de la enseñanza tradicional centrada en el/a docente y la clase magistral a un proceso formativo centrado en el/a alumno/a, cambiando el foco de los contenidos a las actividades. Transitando de una enseñanza que fomenta alumnos/as pasivos expuestos a metodologías expositivas, a un aprendizaje centrado en el alumno/a, que favorezca su actividad y protagonismo. Estas metodologías activas permiten responder de mejor forma a los estilos de aprendizaje que presentan los/as estudiantes a la hora de enfrentarse a las tareas educativas (Bolívar y Rojas, 2014).

El aprendizaje centrado en las actividades, por ejemplo, por medio de resolución de problemas, sitúa al estudiante en el centro del proceso formativo, le entrega un rol protagónico, favorece el aprendizaje colaborativo y autónomo. Estas últimas habilidades de orden superior demandadas por la sociedad del conocimiento y útiles no tan solo para la vida académica sino también para la profesional. Las metodologías activas centran el proceso educativo en el/a estudiante para generar un aprendizaje situado, en el cual el/a docente es un mediador orientado hacia el aprendizaje en lugar de la enseñanza, fomentando la participación, colaboración, cooperación, la creatividad, la reflexión, el análisis y la crítica.

CONCLUSIONES

Los diseños curriculares deberían incorporar cuestiones de relevancia social y algunos problemas críticos de la sociedad actual con un fuerte componente espacial en el ámbito de la Geografía, promoviendo para su abordaje el uso de geotecnologías que permitan la apropiación del conocimiento. Sin embargo, distintas causas relacionadas con la formación docente, la disponibilidad de datos y materiales, hacen que la Geografía continúe bajo métodos de enseñanza tradicionales.

La enseñanza requiere adaptar sus metodologías a las necesidades de la sociedad actual y las demandas de los propios estudiantes. En este contexto las TIG, en Geografía, en plataformas virtuales o no, pueden significar un cambio al proceso de enseñanza. Sin embargo, no garantiza la innovación ni la mejora de la calidad de la enseñanza, es necesario modificar los modelos pedagógicos, colocar al estudiante en el centro del proceso, lo que implica ubicar las actividades virtuales en el centro del diseño pedagógico e incorporar metodologías activas aprovechando el conectivismo que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación.

Esta metodología demanda cambios en el rol del docente y alumno/a. Es un ejercicio que tiene sus complejidades, el/a profesor/a está acostumbrado/a a pensar en el contenido no en la actividad. Lograr este cambio en el diseño transforma la práctica docente, independiente de la modalidad en que se enseñe.

Las actividades virtuales permiten motivar a la comunidad para compartir, construir y colaborar, desarrollando un aprendizaje social y enriqueciendo el autoaprendizaje. Permite una mayor sintonía con la sociedad actual, que busca que los/as estudiantes desarrollen competencias de orden superior como el trabajo en equipo, autonomía y colaboración.

REFERENCIAS

- Adell, J. (2004). Nuevas tecnologías en la formación presencial: del curso on-line a las comunidades de aprendizaje. *Curriculum: Revista de teoría, investigación y práctica educativa*, 17, 57-92. Recuperado de http://elbonia.cent.uji.es/jordi/wp-content/uploads/docs/Quriculum_2004.pdf.
- Bolívar, J. y Rojas, F. (2014). Estudio de la autopercepción y los estilos de aprendizaje como factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios. *RED, Revista de Educación a Distancia*, (44). Número monográfico sobre “Buenas prácticas de Innovación Educativa: Artículos seleccionados del II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad, CINAIC 2013”. Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/44>
- Buzai G. (1999). *Geografía global. El paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del mundo del siglo XXI*. Buenos Aires: Editorial Lugar.
- Buzai G. (2011). La Geotecnología: ¿Nuevo Paradigma de la Geografía o Paradigma Geográfico de la Ciencia? *Revista Catalana de Geografia. IV época, XVI(42)*. Recuperado de <http://www.rcg.cat/articles.php?id=187>.
- Chuvieco Salinero, E.; Pons, X.; Conesa García, C.; Santos Preciado, J. M.; Bosque Sendra, J.; Gutiérrez Puebla, J.; de la Riva Fernández, J. R.; Salado García, M. J.; Ojeda Zújar, J.; Martín Isabel, P. y Prados Velasco, M. J. (2005). ¿Son las tecnologías de la información geográfica (TIG) parte del núcleo de la geografía? *Boletín de la AGE* (40), 35-55. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1308488>.
- García, M.C. y Pombo, D. (2019). Los Sistemas de Información Geográfica: un recurso para la enseñanza de las Ciencias Sociales en la Escuela Secundaria. En Pombo, D.; García, M. C. y Martínez Uncal, M. C. *Geotecnologías en el proceso de enseñanza y aprendizaje por resolución de problemas. Autonomía y estrategias de enseñanza en las Ciencias Sociales*. Santa Rosa: EdUNLPam. En Prensa.
- González, I. (2002). *El conocimiento geográfico e histórico educativos: La construcción de un saber científico. La Geografía y la Historia, elementos del medio*. Colección Aulas de verano. Madrid: ISFP-MECD.
- Labrador, M. y Andreu, M. (2008). *Metodologías activas*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Ley de Educación Nacional n° 26.206 (2006). Congreso de la Nación Argentina, 14 de diciembre de 2006.
- Ley Provincial de Educación n° 2.511 (2009). Cámara de Diputados de la provincia de La Pampa, 28 de agosto de 2009.
- Miranda, M.J.; Guerra, L.; Fabbri, M. y López, E. (2010). *Experiencias universitarias de innovación docente hispano-italianas en el espacio europeo de educación superior*. Sevilla: Mergablum.
- Pombo, D. y García, M.C. (2019). Enseñanza y aprendizaje: la autonomía como estrategia. En Pombo, D.; García, M. C. y Martínez Uncal, M. C. *Geotecnologías en el proceso de enseñanza y aprendizaje por resolución de problemas. Autonomía y estrategias de enseñanza en las Ciencias Sociales*. Santa Rosa: EdUNLPam. En Prensa.
- Silva, J. (2011). *Diseño y moderación de Entornos Virtuales de Aprendizaje*. Barcelona: Editorial UOC.
- Zappettini, M.C. y Lertora, L.J. (2008). La incorporación de las Tic en las prácticas de enseñanza en Geografía: contribuciones para la formación docente. *III Encuentro Internacional “Educación, Formación y Nuevas Tecnologías.”* Uruguay.

MAPAMUNDI VIAJERO: UNA PROPUESTA DE FORMACIÓN VIRTUAL PARA ADULTOS MAYORES

Braian Villalba

Universidad Nacional de General Sarmiento

Alejandro Dezi

Universidad Nacional de General Sarmiento

Leonardo Di Franco

Universidad Nacional de General Sarmiento

RESUMEN

Los Adultos Mayores (AM), de acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), representan la franja etaria que más sufre las consecuencias de las medidas de aislamiento en pandemia. Dificultades para dormir, decaimiento o depresión son algunas de las consecuen-

cias, directas o indirectas, producidas por el encierro prolongado para preservar la salud de los habitantes. Ante esto, resulta necesario fomentar, difundir y ampliar la oferta de actividades, cursos y talleres que se encuentren a disposición de los AM. Estas propuestas tienen el objetivo de capacitar, contener y socializar a través de una virtualidad forzada pero con la posibilidad de acceder a múltiples ciudades y a la mayor cantidad de personas. Es en este marco que, en Argentina, el programa UPAMI (Universidad Para los Adultos Mayores) ofrece más de 700 cursos, donde docentes de universidades nacionales capacitan a adultos mayores en temáticas muy variadas. La Universidad Nacional de General Sarmiento lleva a cabo, por segundo año consecutivo, una serie de actividades de capacitación a partir del convenio firmado con el Instituto Nacional de Servicios para Jubilados y Pensionados (INSSJP). En este trabajo se presentan los alcances de una propuesta que incluyó el uso de herramientas TIGs aplicadas a la concreción de un mapamundi virtual en donde se incorporen las fotografías y videos a un mapa. Esta propuesta didáctica tuvo como objetivo capacitar a AM en herramientas novedosas, integradas a uno de los principales acervos culturales de la adultez: los viajes de placer. Además, las nuevas tecnologías de la información permiten compartir lo realizado por los asistentes con sus familiares y afectos, integrando los logros alcanzados al vincularse desde una manera diferente con generaciones de nativos digitales. La metodología propuesta incluyó una base teórica y un gran componente práctico; ambas realizadas en encuentros sincrónicos de dos horas de duración semanal. Estos encuentros se complementaron con un foro donde plantear dudas y consultas. Como resultado se presentan algunos ejemplos y las respuestas de un cuestionario realizado al finalizar el curso. Los resultados obtenidos permitirán mejorar aspectos del dictado, augurando nuevas propuestas de capacitación en el marco de UPAMI basadas en estas herramientas tecnológicas.

Palabras clave: Adultos mayores; Mapamundi; Google My Maps; TIGs; Virtualidad

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información Geográfica (TIGs) forman parte de la vida cotidiana en amplios sectores de la población. Directa o indirectamente, conscientes de ello o de manera involuntaria, las personas utilizan las TIGs para seleccionar un comercio, pedir un taxi, elegir donde almorzar, o bien para recibir comida en su casa. Sin embargo estas tecnologías muchas veces se presentan poco amigables para otros sectores de la población. Uno de estos sectores se encuentra comprendido por los denominados Adultos Mayores, que muchas veces se encuentran limitados para acceder a estas herramientas.

Durante esta pandemia, además, las medidas de aislamiento tendientes a proteger a este grupo produjeron cambios en la rutina de las personas mayores. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) esta franja etaria es la que más sufre las consecuencias de las medidas de aislamiento. Dificultades para dormir, decaimiento o depresión son algunos ejemplos de lo mencionado anteriormente. Ante esto, resulta necesario fomentar, difundir y ampliar la oferta de actividades, cursos y talleres que se encuentren a disposición de los adultos mayores. Por otra parte, la virtualidad que caracteriza estos tiempos, posibilita la llegada a múltiples ciudades y a un mayor número de personas. Es en este marco que, en Argentina, el programa UPAMI (Universidad Para los Adultos Mayores) ofrece más de 700 cursos. En este caso, la Universidad Nacional de General Sarmiento lleva a cabo, por segundo año consecutivo, una serie de actividades de capacitación a partir del convenio firmado con el Instituto Nacional de Servicios para Jubilados y Pensionados (INSSJP). El cuerpo docente incluyó a un egresado reciente y a un estudiante avanzado que en conjunto con un docente de la Tecnicatura Universitaria en Sistemas de Información Geográfica (TECSIG), elaboraron una propuesta de capacitación para AM, basadas en herramientas libres y gratuitas. En este trabajo se presentan los alcances de la propuesta mencionada que incluyó herramientas TIGs aplicadas a la concreción de un mapamundi virtual en donde se incorporan las fotografías y los videos a un mapa. Esta propuesta didáctica tuvo como objetivo capacitar en herramientas novedosas e integrarlas a

uno de los principales acervos culturales de la adultez: los viajes de placer. El desafío de esta propuesta radicó, básicamente, en el público objeto del taller ya que desde el punto de vista de la temática, la capacitación resultaría novedosa.

METODOLOGÍA DEL CURSO

Se definió una estructura de curso adecuada a las posibilidades que brindó la virtualidad forzada. Siguiendo las premisas de herramientas gratuitas, se definieron una serie de aplicaciones que permitieran la mayor disponibilidad y el menor tiempo de entrenamiento. El esquema del curso consistió en ocho encuentros virtuales, sincrónicos, semanales y consecutivos de dos horas de duración. Estos encuentros se llevaron a cabo en la plataforma *Google Meet* que permitió grabar y compartir cada uno de ellos. Uno de los principales interrogantes al momento de elaborar la propuesta correspondió al público receptor. Para ello se decidió la realización de un cuestionario guía (*Google Forms*) que permitiera conocer dicho público. Este formulario incluyó datos de ubicación para conocer la procedencia de cada uno de los participantes.

También se creó un grupo de *Whatsapp* para que los participantes puedan estar contactados. El mismo grupo se utilizó como complemento de los encuentros virtuales ya que se abrió dos veces por semana. Este grupo permitió el intercambio de consultas en los horarios establecidos (martes y jueves de 20 a 21). Las comunicaciones también se enviaron por *mail* a la casilla de cada estudiante. El nombre, los contenidos y las características de cada encuentro se pueden observar en la tabla 1.

Encuentro	Temática	Contenidos	Teórico	Práctica
Introducción	Presentación, alcance, contenido, etc.	Presentación de la materia, el temario, forma de comunicación.	X	
Fuentes de datos	Fuentes de datos, periféricos, diferentes maneras de digitalización.	Tipos de fuentes de datos, clasificación de periféricos, distintas formas de digitalización.	X	X
TIGs	Introducción a las TIGs	Cartografía, TIGs, información geográfica, SIG y sus características, GPS, teledetección.	X	
Construcción de álbum digital	Posicionamiento global, My Maps.	Introducción a la herramienta de Google MyMaps, georreferenciación de datos.	X	X
Georreferenciación de la información	Georreferenciación en MyMaps.	Presentación de las herramientas de Google MyMaps.	X	X
Aplicaciones Google y Herramientas para viajeros	herramientas de Google para viajeros.	Ventajas y desventajas de Google MyMaps, conectar MyMaps con Google Maps.	X	X
Presentación de trabajos	Fin de la cursada	Presentación de trabajos de los/as estudiantes.		X

Tabla 1. Diagrama con los contenidos de cada encuentro

Las síntesis de las herramientas informáticas que se explicaron en el curso correspondieron a: PhotoScan- Esta herramienta permitió la digitalización de los archivos en formato papel. La idea original consistió en la digitalización de las fotografías y otro tipo de recuerdos para ser incluidos en un archivo digital.

Mymaps- Esta herramienta (figuras 2 y 3) posibilitó la creación de los recorridos y la incorporación de cada uno de los archivos, ya sea digitales o los escaneados con la aplicación anterior. Los contenidos abordados incluyeron la vectorización de forma manual, de rutas y caminos, de puntos de interés y la incorporación de fotos. También se incluyó la edición de estilos personalizados, la selección de un mapa base y la creación de capas temáticas. Por último se mostraron las herramientas que permitieron compartir en los distintos formatos los productos generados.

Google Maps- Esta herramienta funcionó como complemento para aquellas personas que quisieran utilizar su mapa personalizado en el GPS de su teléfono celular.

La actividad de cierre consistió en la presentación de los trabajos realizados por parte de los participantes. Con el objetivo de conocer las valoraciones de los estudiantes se elaboró un cuestionario que incluyó preguntas sobre diversos aspectos del curso.



Figura 2 . Interfaz de las herramientas de Google My Maps



Figura 3. Interfaz de las herramientas de Google My Maps.

RESULTADOS

Teniendo en cuenta las características del taller propuesto y de la encuesta inicial, se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación.

En relación a la ubicación geográfica de los participantes, se observó que la mayoría se encontraban en la provincia de Buenos Aires y en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Tam-

bién se inscribieron personas de las provincias de Salta, Mendoza, Córdoba, Santa Fe, Chubut, Santa Cruz y Río Negro. La figura 4 corresponde a un mapa con la ubicación de cada una.

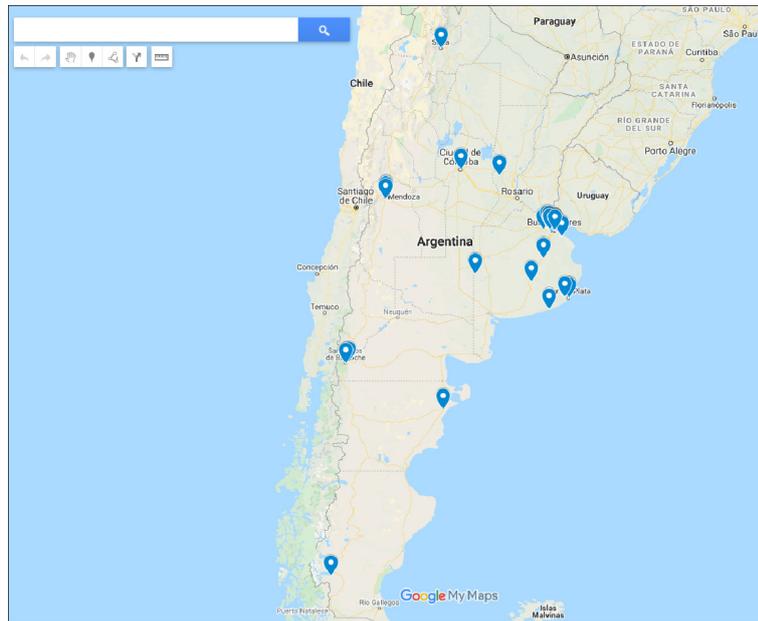


Figura 4. Ubicación geográfica de los alumnos del curso 'Mapamundi Viajero' realizado con Google My Maps

En cuanto a las características de conectividad, dispositivos disponibles, y conocimiento de herramientas informáticas, el cuestionario mostró las siguientes definiciones.

El dispositivo más utilizado para los encuentros sincrónicos sería la computadora, seguido del celular y por último desde la tablet. Cabe aclarar que se podía contestar más de un dispositivo por persona, como se observa en la figura 5.

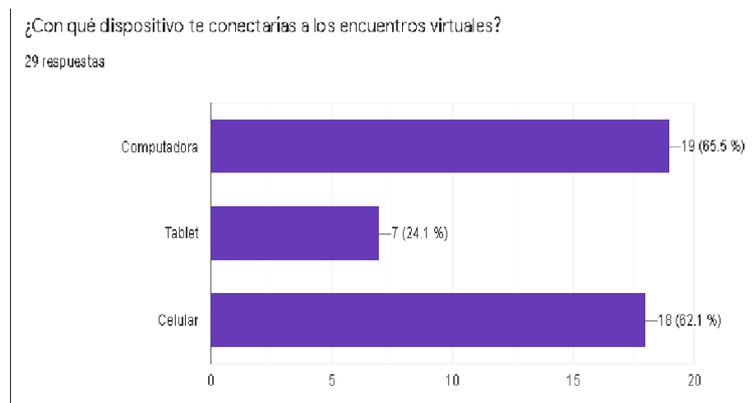


Figura 5. Dispositivos de conexión utilizados por los alumnos

Con respecto al manejo de herramientas informáticas, los estudiantes manifestaron poseer conocimientos básicos en un 44% de los casos. Otro 45%, en tanto, manifestó conocimientos avanzados o intermedios; mientras que el 10% no poseía conocimientos al momento de comenzar los encuentros. En la figura 6 se pueden observar los resultados de esta pregunta.

Por último y en relación a si los encuestados tenían experiencia en encuentros virtuales, una amplia mayoría contestaron afirmativamente que se manejaban con ese mecanismo (82,8%), mientras que el resto (17,2%) no lo hacían. En la figura 7 se pueden observar los resultados de esta pregunta.

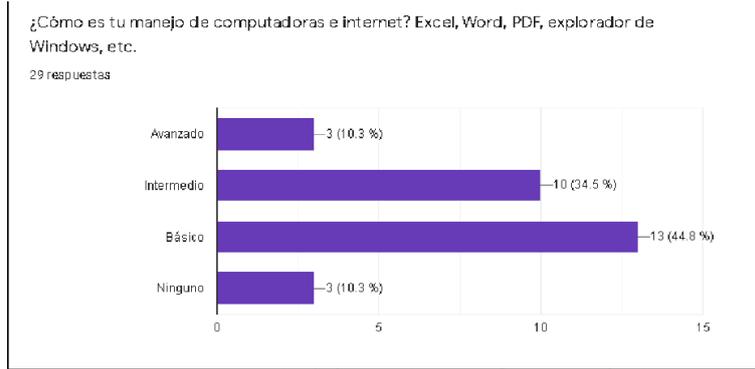


Figura N°6. Manejo de herramientas informáticas básicas

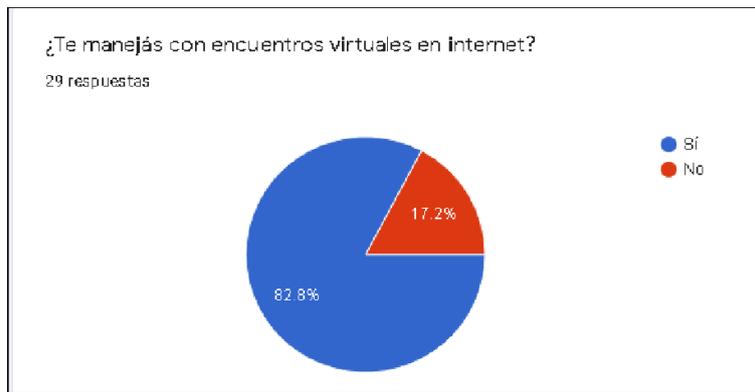


Figura 7. Uso de plataformas para encuentros virtuales

Como se comentó anteriormente y a partir de la información provista por el formulario, se desarrolló una estrategia pedagógica basada en encuentros virtuales sincrónicos en la plataforma Meet de Google. A modo de ejemplo se incorporó una captura de los mismos en la figura 8.



Figura 8. Encuentro sincrónico virtual con Google Meet

A medida que se avanzaban en los encuentros y se incorporaban conocimientos, las personas fueron interactuando en las diferentes instancias compartidas. Esto generó un vínculo virtual entre los participantes. De la misma manera, el grupo de *Whatsapp* permitió un enriquecedor intercambio entre los docentes y entre los participantes. A modo de cierre se presentaron, durante el último encuentro, los productos generados por diferentes participantes. En las figuras 9, 10, 11 y 12 se pueden observar los resultados obtenidos.

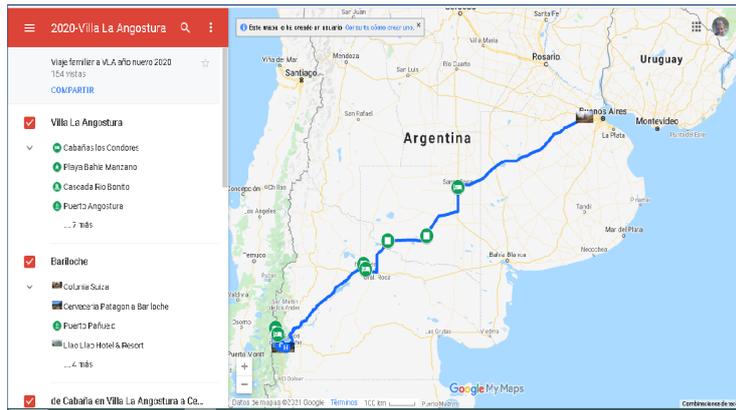


Figura 9. Mapamundi generado por una alumna mostrando su viaje por Villa la Angostura

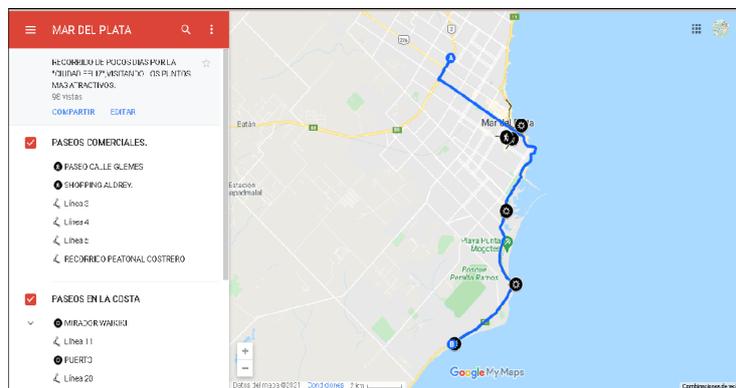


Figura 10. Mapamundi generado por una alumna mostrando su viaje por Mar del Plata

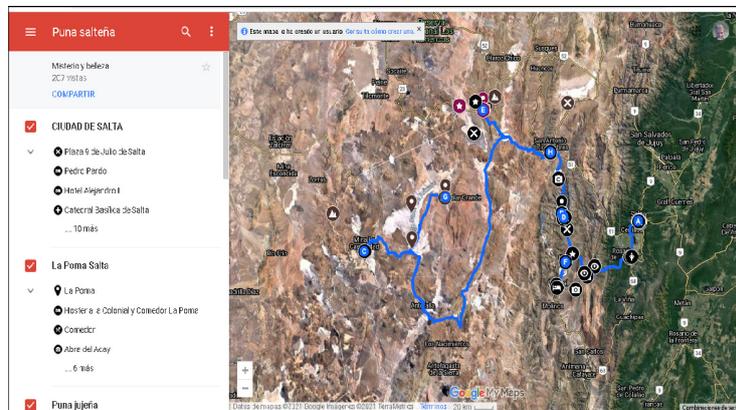


Figura 11. Mapamundi generado por una estudiante mostrando su viaje por la puna salteña

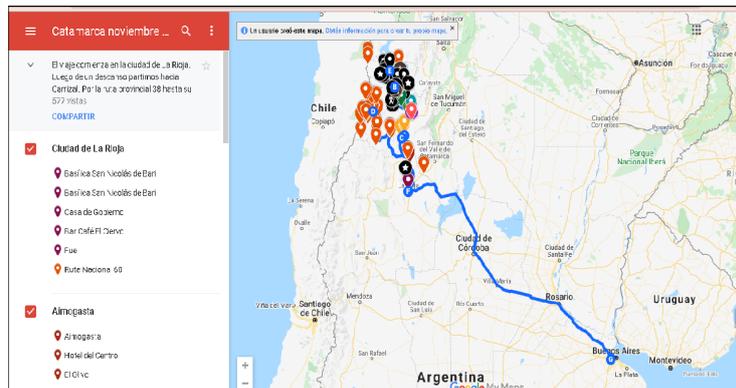


Figura 12. Mapamundi generado por una estudiante mostrando su viaje por la Provincia de Catamarca

Para obtener una valoración respecto a la enseñanza recibida, las expectativas iniciales y los contenidos, tanto teóricos como prácticos, se procedió a enviar un segundo cuestionario.

Este cuestionario no fue de carácter obligatorio e incluyó otras preguntas además de las transcritas a continuación.

Más de la mitad de las respuestas reflejan que los estudiantes nunca habían participado de un curso UPAMI (figura 13).

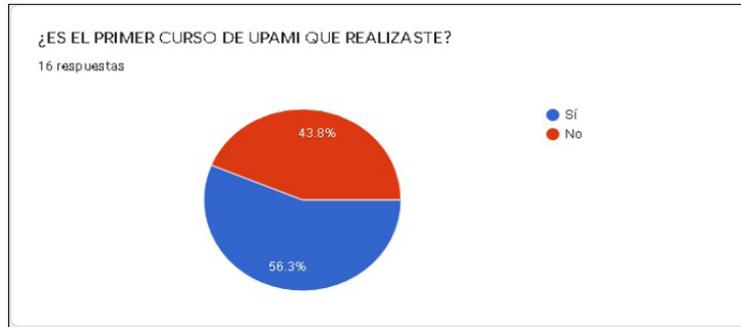


Figura 13. Participación de alumnos en cursos UPAMI

Respecto a las expectativas iniciales y en relación a si estas fueron satisfechas, una amplia mayoría manifestó que sí (figura 14). Las figuras 15, 16 y 17 corresponden a la valoración en cuanto a los contenidos y a la concreción del trabajo final. En este sentido se estableció que tanto los contenidos teóricos como prácticos fueron adecuados para el público objetivo. Y que si bien la mayoría de los participantes pudo concluir su trabajo final (68%), en algunos casos los problemas de conectividad (12%) y de disponibilidad horaria (20%) influyeron en la realización del mismo.

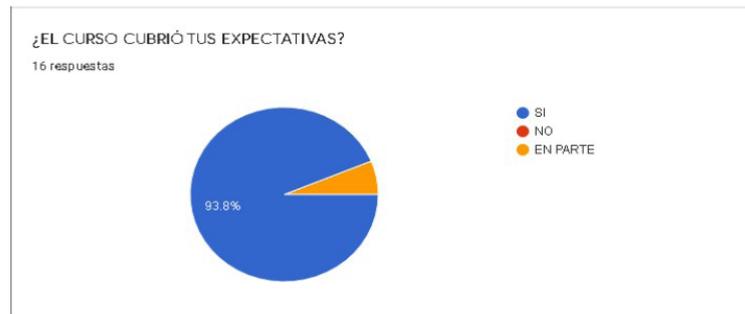


Figura 14. Expectativas alcanzadas por los alumnos del curso

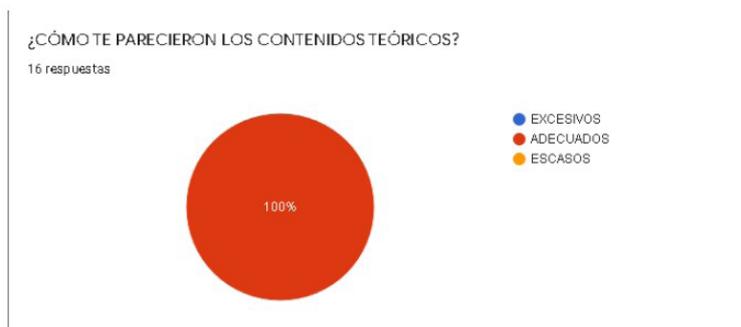


Figura 15. Valoración de los contenidos teóricos desarrollados en el curso



Figura 16. Valoración de los contenidos prácticos desarrollados en el curso



Figura 17. Porcentaje de alumnos que alcanzaron y no alcanzaron la realización del trabajo final

CONCLUSIONES

Como se mencionó al inicio de este trabajo, los AM padecen significativamente los efectos producidos por las medidas de aislamiento. En muchos casos, esto supone un aislamiento no solo familiar sino que incluye las actividades sociales de las rutinas pre-pandémicas. La virtualidad se presenta en estos casos como una alternativa viable para que los adultos mayores puedan capacitarse en un marco de sociabilización y aprendizaje guiado. En este sentido, la propuesta realizada por el INSSJP para el desarrollo del Programa UPAMI permitió la llegada a un público distribuido en varias provincias. Este alcance federal es uno de los principales logros del Programa que se encuentra potenciado por la virtualidad. De la misma manera, las herramientas gratuitas y de libre acceso permitieron la interacción de contenidos teóricos y prácticos enfocados a uno de los mayores placeres del público objetivo. La Universidad Nacional de General Sarmiento, a través de los cursos UPAMI, llegó a la comunidad de diferentes provincias con una propuesta realizada por egresados, estudiantes avanzados y docentes de la TECSIG. En este caso, el alcance de las Tecnologías de la Información Geográfica incluyó a personas que usualmente no acceden y por lo tanto no son usuarias de este tipo de herramientas. Sin embargo, los productos finales demostraron el interés por seguir aprendiendo, por continuar desarrollando capacidades prácticas en la confección de sus propios mapas y por compartirlos con sus afectos. Las encuestas, tanto inicial como final, fueron una importante herramienta que permitió un conocimiento acabado de los y las participantes y determinar cambios para convocatorias futuras.

REFERENCIAS

- Organización Panamericana de la Salud. (s. f.). *Informes de situación de la COVID-19*. OPS. <https://www.paho.org/es/informes-situacion-covid-19>
- Villalba, B. (2019). *Integración de cartografía histórica en visores de mapas mediante la aplicación de algoritmos de programación. El caso de las Misiones Jesuítas de Corrientes durante los siglos XVIII y XIX*. Trabajo final de la Tecnicatura Superior en SIG. UNGS, Los Polvorines.

Serafini, M.C.; Cuello, A.R. y Di Franco, L. (2009). Google Earth: nuevas tecnologías aplicadas a la enseñanza y al conocimiento del medio ambiente. *VII Jornadas de Educación en Percepción Remota en el Ámbito del Mercosur, Argentina*.

HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Google (2021). MyMaps

Google (2021). Google Maps (Aplicación móvil). Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps>

Google LLC (2021). Photoscan (Aplicación móvil). Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.photos.scan>

LAS PRÁCTICAS PRE PROFESIONALES EN EL ÁMBITO DE LA TECNICATURA UNIVERSITARIA EN SIG (UNGS). LOS TALLERES DE APLICACIÓN

Marina Miraglia

Universidad Nacional de General Sarmiento

Daniela Natale

Universidad Nacional de General Sarmiento

Marcela Rivarola y Benítez

Universidad Nacional de General Sarmiento

Palabras clave: Práctica pre profesional; Sistemas de información geográfica; Formación universitaria de pre grado

RESUMEN

En la Universidad Nacional de General Sarmiento se dicta la Tecnicatura Universitaria en Sistemas de Información Geográfica como oferta de Pre Grado. La formación incluye el desarrollo de las capacidades técnicas necesarias para operar sistemas de información geográfica mediante distintos programas especializados, manejo de técnicas de teledetección y el diseño de bases de datos con referencia geográfica, con el fin de poder participar en la confección de informes cartográficos, elaborar de cartografía temática y aplicar métodos de procesamiento y análisis espacial.

Uno de los ejes del plan de estudios de la carrera es el de la práctica pre profesional, donde se busca que los estudiantes tengan una aproximación territorial desde las aplicaciones prácticas, por lo cual se diseñaron cuatro talleres de aplicación y un taller final de proyecto cartográfico. Debe tenerse en cuenta que esta práctica también está presente en otras asignaturas de la carrera como el Laboratorio interdisciplinario, Cartografía temática, entre otras. Sin duda, el eje de los talleres estimula la aplicación de todas las herramientas adquiridas en las asignaturas específicas, a diferentes escalas geográficas e incorporando cada vez mayores niveles de complejidad. Los talleres se presentan por orden de dictado dentro del Plan de estudios:

Taller de Aplicación Inicial

Taller de Aplicación I. Escala nacional

Taller de Aplicación II. Escala regional

Taller de Aplicación III. Escala municipal

Taller Final de aplicación. Proyecto cartográfico

El dictado de los talleres se estructura a partir de una continuidad pedagógica, buscando recuperar cada uno los contenidos del taller anterior y de las distintas asignaturas, profundizándolos y adquiriendo nuevos conocimientos.

Dentro de los objetivos generales del eje de los talleres, se encuentra la redacción de informes técnicos. Esto implica que los estudiantes, sumado a la formación puramente técnica, desarrollen habilidades de redacción técnica para la comunicación de procedimientos y resul-

tados y puedan interactuar de una manera más efectiva con los profesionales con quienes se desempeñen en el marco de su actividad laboral. El eje es también un espacio de reflexión sobre el uso de los sistemas de información geográfica a través de una metodología pedagógica participativa y reflexiva. Está dirigido a fomentar el diálogo entre estudiantes e investigadores que trabajan en los campos profesional y académico del ordenamiento territorial.

Las instancias de evaluación también implican una continuidad pedagógica. En este sentido, cada asignatura contempla como requisito para su regularización la elaboración de trabajos prácticos individuales o grupales, donde se incorporan aspectos conceptuales y metodológicos, así como herramientas técnicas para la resolución de problemas en las diferentes escalas. Además de un examen parcial, se requiere la realización de un producto final, artículo o informe, aplicado a un caso específico, donde se ponga de manifiesto el proceso de reflexión acerca del uso de las herramientas conceptuales y tecnológicas en el ordenamiento territorial, que permita a los estudiantes tener una primera aproximación a la elaboración de informes técnicos. Los temas propuestos se centran en salud y educación, ambiente y recursos naturales, ordenamiento territorial, infraestructura urbana: vías de comunicación, redes de servicios públicos, cuestiones sociales/culturales/económicas, entre los más destacados.

Así, se presentan a continuación los cinco talleres con sus especificidades y el hilo conductor que integra los conceptos de análisis espacial, tecnologías de la información geográfica y ordenamiento territorial.

TALLER DE APLICACIÓN INICIAL

Este taller se ofrece como el primero de los cinco talleres obligatorios del eje de práctica pre-profesional que forman parte de la currícula de los estudiantes de la Tecnicatura Universitaria en Sistemas de Información Geográfica. Constituye una primera aproximación a las herramientas conceptuales y tecnológicas utilizadas en el análisis territorial y la solución de problemas complejos en el mundo actual.

El Taller de Aplicación Inicial tiene un doble propósito de:

La formación básica de los estudiantes en lo que respecta al conocimiento de los criterios académicos y técnicos de regionalización territorial;

La introducción a la utilización de los sistemas de información geográfica y a la redacción de informes técnicos.

Objetivos generales:

A. Proveer a los estudiantes una primera aproximación al concepto de región y su implementación en la planificación y gestión del territorio.

B. Introducir a los estudiantes en el uso de material cartográfico y herramientas tecnológicas utilizadas en el análisis espacial y la resolución de problemáticas territoriales.

La instancia de evaluación implica un conjunto de trabajos prácticos guiados, con la finalidad de desarrollar ciertas capacidades, las cuales implican:

Conocer e identificar diferentes tipos de regionalizaciones, y los diferentes conceptos de planificación.

Entender y leer diversos tipos de mapas y representaciones cartográficas.

Comprender la relación existente entre las tecnologías espaciales y el análisis y ordenamiento territorial.

Elaborar cartografía temática, siguiendo normas preestablecidas.

Elaborar informes técnicos, incorporando lenguaje específico de la disciplina.

TALLER DE APLICACIÓN I: ESCALA NACIONAL

Este taller se ofrece como el segundo de los cinco talleres obligatorios del eje de práctica pre-profesional que forman parte de la currícula de los estudiantes de la Tecnicatura Univer-

sitaria en Sistemas de Información Geográfica.

En el Taller de Aplicación I: Escala Nacional, se trabaja con los estudiantes en la definición de unidades territoriales a nivel nacional; criterios de definición de variables de estudio; técnicas de relevamiento de la información; técnicas de procesamiento de la información y aplicación de técnicas apropiadas para el estudio a escala nacional.

Este Taller tiene un doble propósito:

La formación básica de los estudiantes en el aprendizaje y manejo de técnicas y análisis de fuentes de información provistas por variables cuali-cuantitativas, para el conocimiento de los procesos de construcción territorial a escala nacional.

La realización de un producto final (informe), que consiste en la aplicación de los saberes adquiridos a un caso específico, donde se pone de manifiesto el proceso de reflexión acerca de los criterios de selección de variables de estudio, así como el uso de las herramientas conceptuales y tecnológicas en el ordenamiento territorial a escala nacional.

Objetivos generales:

Proveer a los estudiantes una primera aproximación al conocimiento, manejo y análisis de las principales variables utilizadas en el estudio, planificación, ordenamiento y gestión del territorio a escala nacional.

Lograr que los estudiantes conozcan cuáles son las principales fuentes de información a escala nacional, así como los organismos estatales que la producen y que adquieran habilidades y criterios para el relevamiento de variables de estudio, además de evaluar su tipo, calidad, actualización, etc.

Introducir a los estudiantes en el uso de herramientas tecnológicas utilizadas en el análisis espacial, el procesamiento de la información y la resolución de problemáticas territoriales a escala nacional.

TALLER DE APLICACIÓN II: ESCALA REGIONAL

El Taller de Aplicación II: Escala Regional se ofrece como el tercero de los cinco talleres obligatorios del eje de práctica pre-profesional que forman parte del plan de estudios de la Tecnicatura Superior en Sistemas de Información Geográfica.

Este taller constituye una aproximación a las herramientas conceptuales y metodológicas aplicadas en el análisis territorial y la solución de problemas complejos a escala regional en el mundo actual. Es también un espacio de aprendizaje y reflexión sobre el uso de las herramientas que ofrecen los sistemas de información geográfica.

El Taller tiene el propósito de:

Proveer a los estudiantes de conocimientos en lo que respecta a los procesos físicos que modelan el territorio.

Formarlos sobre los distintos tipos de regiones y criterios para establecer las mismas.

Aplicar el proceso de reflexión acerca del uso de las herramientas conceptuales y metodológicas en el ordenamiento territorial a escala regional mediante la realización de un producto final (informe) sobre un caso específico.

En síntesis, la principal finalidad del Taller es brindar a los estudiantes una base teórica, metodológica y práctica sobre los problemas territoriales a escala regional y el uso de los sistemas de información geográfica para su análisis.

Objetivos generales:

Que los estudiantes:

Desarrollen la capacidad de introducir la dimensión territorial a escala regional.

Conozcan los diferentes tipos de regiones y los criterios para definirlos.

Adquieran las herramientas conceptuales y metodológicas necesarias para trabajar a escala regional dentro del proceso de investigación y desarrollo profesional.

Tengan las herramientas necesarias para regionalizar utilizando diversas metodologías de aplicación de los sistemas de información geográfica.

Sean capaces de utilizar un sistema de información geográfica para analizar y dar respuesta a problemáticas territoriales a escala regional.

TALLER DE APLICACIÓN III: ESCALA MUNICIPAL

En esta asignatura se introduce a los estudiantes en el proceso de conocimiento, análisis y tratamiento de las problemáticas territoriales actuales y futuras que acontecen en el territorio local de los municipios.

Los ejes temáticos se orientan en torno a las relaciones establecidas entre la sociedad y la naturaleza, los procesos de construcción territorial y de conformación de las estructuras territoriales, las principales teorías sobre el territorio, las herramientas utilizadas para el análisis espacial, particularmente los SIGs y la gestión del territorio, aplicando las técnicas de análisis espacial.

Para los estudiantes, el conocimiento del territorio, así como las estrategias de análisis espacial, son de gran relevancia para las prácticas profesionales en planificación y gestión territorial.

La principal finalidad del equipo docente es brindar a los estudiantes una base teórica, metodológica y práctica sobre el uso de los sistemas de información geográfica para el análisis de los problemas territoriales a escala municipal.

En función de estos objetivos, la materia se estructura en torno a tres unidades de contenido que abordan:

Definición de unidades territoriales a nivel municipal. Definición de variables de estudio.

Técnicas de relevamiento de la información.

Técnicas de procesamiento de la información.

Aplicación de técnicas apropiadas para el estudio a escala municipal.

Objetivos generales

Que los estudiantes:

Adquieran la metodología necesaria para implementar la herramienta técnica dentro del proceso de investigación y desarrollo profesional.

Comprendan la estrecha relación entre las bases de datos y la cartografía digital asociada para su correcta aplicación en el planteo y solución de problemas territoriales a escala municipal.

Logren desarrollar la capacidad de introducir la dimensión territorial de la planificación y gestión territorial a escala municipal, así como sus principales herramientas.

TALLER FINAL DE APLICACIÓN: PROYECTO CARTOGRÁFICO

En la actividad laboral, el egresado de la Tecnicatura podrá integrar equipos multidisciplinarios destinados a la exploración y/o explotación de recursos naturales, estudios de riesgos geológicos, evaluaciones del medio ambiente y ordenamiento territorial, estudios para el trazado de vías de comunicación, obras hidráulicas y obtención de datos para bases de datos catastrales, entre otras. Así, los estudiantes de Taller Final de Aplicación: Proyecto Cartográfico deberán aplicar y desarrollar diferentes criterios metodológicos que lleven a la resolución de situaciones concretas. En este sentido la asignatura se orienta, a partir de sus ejes temáticos, hacia el diseño, la implementación y el manejo de proyectos; la integración de las escalas espacial y temporal teniendo en cuenta su complejidad temática; y las diferentes aplicaciones de los SIG en la gestión territorial y finalmente la elaboración del documento técnico final.

Los ejes temáticos mencionados abordan las relaciones establecidas entre la sociedad y la naturaleza, los procesos de construcción territorial y de conformación de las estructuras territoriales, las principales teorías sobre el territorio, las herramientas utilizadas para el análisis espacial, particularmente las Tecnologías de la Información Geográfica y el Análisis Espacial para la gestión territorial.

De esta manera el Técnico Universitario en SIG será un egresado universitario de nivel de pre-grado con una sólida preparación, que le permitirá ejercer su profesión en el desarrollo

tecnológico para el tratamiento de información geográfica, definir avances e innovaciones en los temas técnicos de su incumbencia.

Objetivos generales

Desarrollar la capacidad de diseñar, implementar y gestionar proyectos de índole territorial, en función de las transformaciones científicas y tecnológicas actuales.

Preparar técnicos habilitados para el trabajo en equipos multidisciplinarios, capaces de integrar diferentes escalas de análisis, temporal y espacial, teniendo en cuenta la complejidad temática de los proyectos territoriales.

A MODO DE CIERRE

El objetivo del presente trabajo fue presentar una modalidad de trabajo dentro de la formación universitaria de técnicos en sistemas de información geográfica, la cual busca no solo formar profesionales especializados en determinadas técnicas informáticas, sino también que los estudiantes tengan una aproximación territorial desde las aplicaciones prácticas. El trabajo integrado de los cinco talleres tiene dos objetivos principales (entre otros): por un lado, la continuidad en los contenidos trabajados, con distintos grados de dificultad a medida que avanzan en su formación, y por otro, la preparación de los estudiantes para elaborar su trabajo final, con el cual reciben el título de Técnico universitario en sistemas de información geográfica.

REFERENCIAS

Normas APA (2019). Manual de la American Psychological Association, Sexta Edición. En: <https://normasapa.com/>

Díaz Barriga Martínez, R. (2001). Redacción Técnica. Instituto Politécnico Nacional. México. En: https://profjosedinarte.files.wordpress.com/2013/09/redaccion_tecnicajrd.pdf