

Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). Revista digital del Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina.

<http://www.revistageosig.wixsite.com/geosig> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 14, Número 22, 2022, Sección I: Artículos. pp. 1-17

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO INSTRUMENTO PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Silvina Medus – Olga Cifuentes – Daniela Escudero

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Bahía Blanca

silvina_medus@yahoo.com.ar

RESUMEN

La Organización de las Naciones Unidas (2015) acordó una nueva Agenda para el Desarrollo 2030. Un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Se formularon 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODSs) para erradicar la pobreza, promover la prosperidad y el bienestar para todos, proteger el medio ambiente y hacer frente al cambio climático a nivel mundial. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), proveen mapas con un lenguaje universal para visualizar y comprender la condición actual de los ODSs y sus indicadores claves, cuyos resultados son fáciles de compartir. Los indicadores de cada ODS proveen un esquema ordenado o guía para que los usuarios de SIG puedan orientarse y ayudar a su cumplimiento. Mediante una breve recopilación de casos, este documento pretende mostrar cómo el uso de la herramienta SIG, a través de distintas metodologías, logra atender algunos de los ODSs. Para los casos locales y regionales que se presentan, se valora el acceso a la información que permitió realizar los mapas e identificar indicadores, pero se coincide con otros autores en que no siempre los datos existen, son de calidad o están disponibles, para aprovechar el potencial de los SIG.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica (SIG), Objetivos Desarrollo Sostenible (ODSs), Datos Geoespaciales

ABSTRACT

The United Nations Organization (2015) agreed on a new 2030 Development Agenda, an action plan for the people, the planet and prosperity. The 17 Sustainable Development Goals (SDGs) were formulated to eradicate poverty, promote welfare and well-being for all, protect the environment and tackle climate change globally. Geographic Information

Systems (GIS) provide maps with a universal language to visualize and understand the status of the SDGs and their key indicators, the results of which are easy to share. The indicators of each SDG provide an outline so that GIS users can orient themselves and help to achieve them. Through a brief compilation of cases, this document aims to show how the use of the GIS tool, through different methodologies, manages to meet some of the SDGs. For the local and regional cases presented in this paper, access to the information that allowed to make the maps and identify indicators is considered valuable, but it agrees with other authors that quality data does not always exist or is available, to take advantage of GIS potential.

Keywords: Geographic Information System (GIS), Sustainable Development Goals (SDGs), Geospatial Data

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (2015), acordó una nueva Agenda para el Desarrollo 2030. Un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Se formularon 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODSs) para erradicar la pobreza, promover la prosperidad y el bienestar para todos, proteger el medio ambiente y hacer frente al cambio climático a nivel mundial.

La Memoria de la Asamblea General de las Naciones Unidas destacaba: “El 2015 ofrece una oportunidad sin precedentes para orientar al mundo en la senda del desarrollo sostenible. El proceso de la agenda para el desarrollo y sobre el cambio climático después de 2015, con sus objetivos finales de erradicar la pobreza, mejorar las condiciones de vida de la población y lograr la rápida transición a una economía baja en emisiones de carbono y resiliente al cambio climático, se refuerzan mutuamente; si se implementan conjuntamente, pueden promover la prosperidad y la seguridad de las generaciones presentes y futuras”. Ese documento también expresaba: “...persisten problemas importantes como el de la ausencia de datos, la calidad de los datos, el cumplimiento de los principios metodológicos, la falta de datos desglosados que permitan el seguimiento de los progresos por edad, género y otras categorías sociales, y la falta de información geoespacial. Será necesario hacer esfuerzos e inversiones considerables para crear una sólida infraestructura de datos y tecnología de la información y las comunicaciones en apoyo de la nueva agenda para el desarrollo sostenible hasta 2030.” (Naciones Unidas, 2015).

El documento hace referencia al desarrollo sostenible porque se apunta al proceso mediante el cual se trata de satisfacer las necesidades económicas, sociales, culturales y ecológicas para la actual generación, sin poner en riesgo futuras generaciones; mientras que, el desarrollo sustentable es el proceso por el cual se preserva, conserva y protegen solo los recursos naturales para beneficio de las generaciones presentes y futuras, sin tener en cuenta las necesidades sociales, políticas y culturales.

Los 17 ODSs (Figura 1) y sus 169 metas son de carácter integrado e indivisible, de alcance mundial y de aplicación universal, tienen en cuenta las diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo de cada país y respetan sus políticas y prioridades nacionales.

Los ODSs dependen en su mayoría, de la información geoespacial y necesitan a las tecnologías para relacionar a las personas con sus ubicaciones, así como para medir dónde el progreso está o no ocurriendo, particularmente a niveles locales y regionales en forma desagregada. Con respecto a esto, la Agenda 2030 de las Naciones Unidas advierte la necesidad de nuevas formas de adquirir datos e integrarlos, incluyendo la contribución hecha por la información geográfica y las observaciones terrestres para apoyar la implementación de los ODSs, sus metas e indicadores globales (Naciones Unidas, 2018).

La vinculación de datos sobre personas y empresas a un lugar, y su integración con la información geoespacial por medio de la ubicación, resulta en una mejor comprensión de los problemas sociales, económicos y ambientales; mucho mayor de lo que es posible si se visualiza información estadística de forma aislada. (Naciones Unidas, 2019).

Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible ODSs.



Fuente: Naciones Unidas (2015).

Los mapas que nos facilitan los Sistemas de Información Geográfica (SIG), proporcionan un lenguaje universal para comenzar a observar y comprender la condición actual de cada uno de los ODSs y sus indicadores claves, cuyos resultados geográficos son fáciles de compartir. Los ODSs proveen un enfoque global de las problemáticas mundiales. Los SIG nos brindan una plataforma integrada para visualizar estos objetivos de alto nivel. Los indicadores de cada objetivo brindan un esquema ordenado o guía para que los usuarios del SIG puedan orientarse y colaborar en el cumplimiento de estos objetivos.

Por todo lo mencionado, existe una oportunidad para que los ODSs se complementen con los SIG, cooperando entre sí para ayudar a cumplir este plan de desarrollo mundial. Se observa que la información geoespacial juega un papel significativo en las mediciones de algunos de estos objetivos y sus metas. Por lo tanto, resulta útil la implementación de esta herramienta para hacer un seguimiento de los ODSs y monitorear su progreso. Los

resultados científicos obtenidos a través de tecnologías geoespaciales pueden ofrecer una base sólida para elaborar políticas que promuevan el desarrollo sostenible en comunidades a nivel local y regional (Avtar, Aggarwal, Kharrazi, Kumar y Kurniawan, 2019).

Es por ello que, este documento pretende mostrar cómo mediante la aplicación de los SIG se logra atender algunos de los ODSs, presentando una breve recopilación de casos locales y regionales.

METODOLOGÍA

Se realiza una revisión de los trabajos publicados por el Grupo de Investigación de Ingeniería Ambiental (GEIA) entre 2012 y 2019, eligiendo aquellos que utilizaban datos geoespaciales a través de los SIG. Para cada caso de estudio, se presenta un resumen breve de la investigación de base (la que se puede ver completa en las referencias bibliográficas), la metodología para la aplicación del SIG y el objetivo de la investigación. Se aporta la identificación del ODS de aplicación seleccionado con alguna de sus metas e indicadores y se menciona la contribución del SIG para su seguimiento. Se acompaña con mapas resultado del SIG correspondientes a cada caso. Por último, se brindan consideraciones finales.

CASOS DE APLICACIÓN

En este apartado se presentan para cada caso, algunos de los ODSs de aplicación, sus metas y los indicadores que se pueden visualizar implementando datos en un SIG.

Caso N° 1. Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos en la zona del polo petroquímico y área portuaria de Bahía Blanca. Período: 2001-2012. (Cifuentes, Escudero y Medus, 2014)

El objetivo del trabajo fue procesar estadísticamente los registros de caudales y resultados de análisis de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca, Argentina (período 2001-2012); así como, establecer las cargas máxicas promedio de los distintos parámetros aportados por cada descarga, a fin de evaluar tendencias de cada una y posteriormente realizar una comparación entre ellas por parámetro. Mediante un SIG, se geoposicionaron todas las descargas y los puntos de monitoreo del estuario asociando los datos al mismo.



ODS N°6: Agua Limpia y Saneamiento

Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos

Meta 6.3. *De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.*

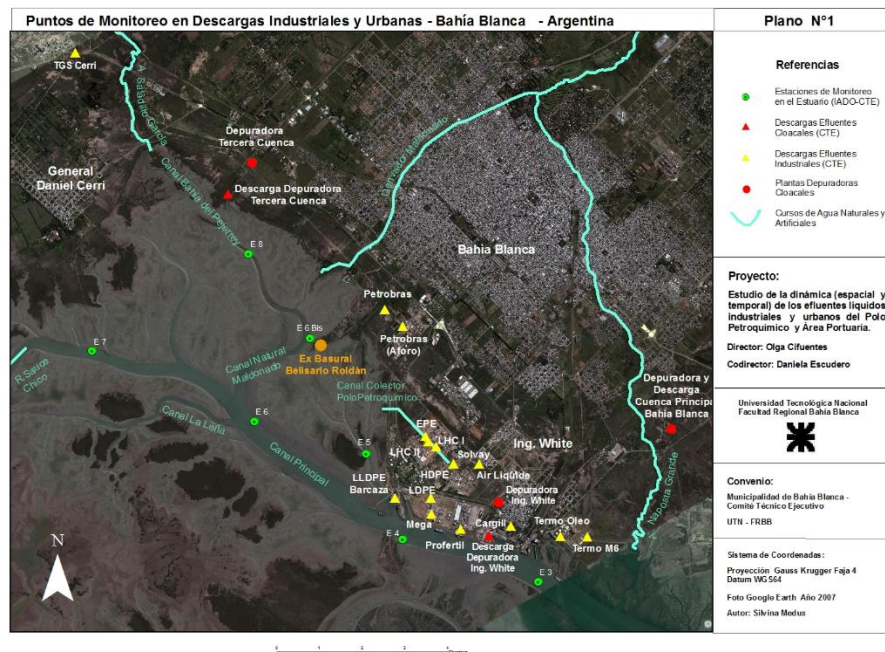
Indicador 6.3.1 *Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada.*

Contribución del SIG al ODS 6 – Meta 6.3

La Figura 2 muestra como mediante un SIG se pueden identificar las distintas descargas industriales y cloacales geoposicionadas en el área industrial portuaria de Bahía Blanca, así como los puntos de monitoreo del estuario (humedal). En el SIG se cargaron los resultados de 10 años (período 2001-2012) de monitoreo de cantidad y calidad de los efluentes, los que se procesaron estadísticamente (Cifuentes *et al.*, 2014). La identificación geoespacial de dichas descargas, su monitoreo constante y su evaluación por períodos, permitió evaluar tendencias en cuanto a cantidad (reducción de caudales volcados al cuerpo receptor por aplicación de tecnologías de reciclado, reutilización u otros motivos como la aplicación de legislaciones), verificar si las aguas residuales cumplían con los parámetros de descarga establecidos por la legislación vigente, detectar si en el período de estudio existieron mermas en la emisión al humedal de productos químicos y vincular las descargas con puntos de monitoreo sobre el estuario.

Mediante la implementación en un SIG de la localización de las descargas, con los resultados de calidad y cantidad, pudo arribarse a conclusiones que justificaron y promovieron la modificación y ampliación de la planta depuradora de la Primera Cuenta de Bahía Blanca, con el objetivo final de que los efluentes tratados puedan ser reutilizados por las empresas del polo petroquímico local en pos de colaborar con la Meta 6.3 de los ODS. Por otro lado, mostrar espacial y temporalmente la realidad, permitió construir indicadores específicos para esta Meta, respecto a la proporción y calidad de aguas residuales tratadas, identificar las descargas que se debían adecuar, motivar a la continuidad de los monitoreos y su implementación en la base de datos para hacer un seguimiento y medir tendencias, verificar el cumplimiento de la ley vigente a fin de minimizar riesgos, entre otros.

Figura 2. Descargas Industriales y Urbanas en el Estuario de Bahía Blanca (Argentina).



Fuente: Cifuentes *et al* (2014).

Algunos de los indicadores construidos son: el geoposicionamiento de las descargas, la razón o nombre social de las industrias que pueden ir cambiando (y con ello los usos y

costumbres que podrían justificar avances o retrocesos), la cantidad de descargas, cada uno de los parámetros de calidad monitoreados y sus concentraciones, los máximos admitidos por la legislación vigente que pueden ser modificados en el tiempo, el caudal de cada descarga, las cargas máxicas diarias de cada parámetro para cada industria en función de la concentración, otros.

Meta 6.6. *De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.*

Indicador 6.6.1 *Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo.*

Contribución del SIG al ODS 6 – Meta 6.6

Como se puede observar en la Figura 2, las 14 descargas industriales y las 3 descargas cloacales geolocalizadas, vuelcan a un humedal (estuario de Bahía Blanca), que por sus cualidades debe ser protegido. En la misma, se muestran geoposicionados los puntos de monitoreo del Instituto Argentino De Oceanografía (IADO), los recursos hídricos que vuelcan sus aguas al estuario, los balnearios que hasta el 2009 usaban sus aguas para sus piletas de recreación con contacto directo, el pasivo ambiental generado por un ex basural sobre la planicie de inundación, entre otros puntos singulares.

A nivel local, la herramienta SIG está siendo utilizada para hacer un seguimiento de los ecosistemas relacionados con el agua, ayudando a identificar y construir indicadores sobre la extensión del humedal, localización de cursos de agua y sus cuencas, identificación y medición de extensión de pasivos ambientales que afectan el ecosistema, otros.

Lo expuesto, muestra el aporte de los SIG para lograr la Meta 6.6 de los ODS facilitando la medición de algunos indicadores.

Se consideraría un importante logro, que esta herramienta posibilitara el acceso público a las tendencias estadísticas y su visualización territorial, de manera que las distintas organizaciones pudieran usarlas para detectar alertas tempranas.

Caso N°2. Propuesta metodológica para identificación de fuentes de plomo aportantes a colectoras urbanas. (Escudero, Medus, Cifuentes y Devoto, 2014)

A partir de la detección de plomo (Pb) disuelto en agua del estuario bahiense superando los niveles de referencia de Exposición Crónica de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos (siglas en inglés, NOAA), en particular en estaciones de monitoreo próximas a las descargas cloacales (Figura 2), así como en algunas oportunidades en los efluentes urbanos (aunque sin superar los máximos admisibles), se indagó el origen de los mismos en el interior del ejido de la ciudad de Bahía Blanca (Provincia Buenos Aires, Argentina). La metodología fue aplicada sobre resultados de Pb disuelto en agua, pues la detección de metales disueltos es indicador de ingreso reciente al sistema, por lo que, su aparición en las estaciones de monitoreo del estuario podría estar indicando el ingreso continuo desde fuentes cercanas que lo estarían aportando. En primera instancia, se evaluaron los resultados de análisis de Pb en las

estaciones del estuario y en las distintas descargas, estableciéndose radios de influencia de aportes para cada estación de monitoreo (Escudero et al, 2014). De esa visualización surgió la posibilidad de que el Pb detectado en dos de estas estaciones se origine en las descargas cloacales de la ciudad. También se realizó un marco teórico sobre los productos que contienen este metal, a fin de poder individualizar actividades desarrolladas dentro del ejido urbano que podrían ser causa de su presencia en los efluentes. En un SIG se geoposicionaron las estaciones de monitoreo del estuario y las descargas cloacales, se agregaron todas las industrias de la ciudad distinguiendo aquellas que, junto a las estaciones de servicio podrían contribuir con Pb a través de sus efluentes y asociándolas a las distintas cuencas cloacales del ejido urbano. Como resultado, se identificaron las posibles fuentes de Pb sobre el área urbana que aportaban a la cuenca de la Descarga Cloacal Principal de Bahía Blanca, en las que se deberían focalizar los monitoreos para confirmar su presencia y medir sus tendencias. Esto minimizaría el impacto ambiental sobre el estuario.



ODS N°6: Agua Limpia y Saneamiento

Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos

Meta 6.3. *De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.*

Indicador 6.3.1 *Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada.*

Contribución del SIG al ODS 6 – Meta 6.3

En este caso, el Pb aparece disuelto en aguas del estuario en las dos estaciones monitoreadas cercanas a las descargas cloacales. Al implementar el SIG, se pudo observar que de las 158 industrias identificadas dentro de la ciudad, que podrían ser aportantes de Pb, el 66% se encontraba dentro de la Cuenca Cloacal Principal Bahía Blanca y el 34% se ubicaba en el área de la Tercera Cuenca. Por otro lado, de las 42 estaciones de servicio, el 69% se asociaba a la Cuenca Principal Bahía Blanca y el 31% se ubicaba en la Tercera Cuenca (Tabla 1). Además, la mayor concentración de Pb en los efluentes de la Cuenca Cloacal Principal, coincidía con el mayor porcentaje de industrias y estaciones de servicio localizadas en dicha cuenca aportante.

Tabla 1. Porcentajes de Industrias aportantes de Pb al Estuario de Bahía Blanca.

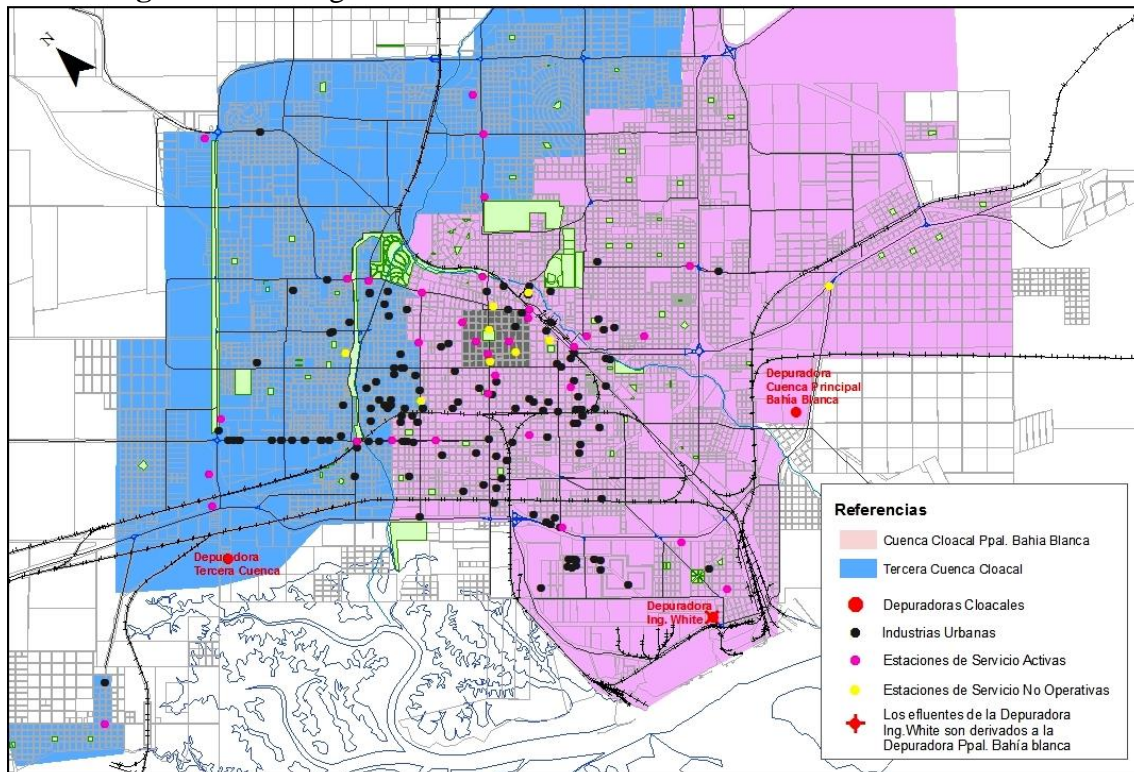
Cuencas	Industrias	Industrias	Estaciones Servicio (N°)	Estaciones Servicio (%)	Totales	
	(N°)	(%)			N°	%
Cuenca Principal B.Blanca	105	66%	29	69%	134	67%
Tercera Cuenca	53	34%	13	31%	66	33%
Totales	158	100%	42	100%	200	100%

Fuente: Escudero *et al* (2014).

En la Figura 3, se muestran las dos cuencas cloacales, las industrias y estaciones de servicio geoposicionadas en cada una, las tres depuradoras cloacales y sus dos descargas

(pues los efluentes de la depuradora de Ingeniero White eran derivados a la planta depuradora Cuenca Cloacal Principal). La localización geográfica de industrias del ejido urbano y un monitoreo sistemático de esos puntos con los resultados volcados sobre el SIG, su posterior visualización y evaluación, ayudaría a identificar rápidamente el origen de las emisiones de los materiales peligrosos, pudiendo gestionar medidas de control, mitigación y/o remediación, colaborando con la preservación de la calidad de agua del estuario.

Figura 3. Descargas de Plomo a las Cuenas Cloacales de Bahía Blanca.



Fuente: Escudero *et al.* (2014).

Caso N°3. Estimación del Volumen de un ex basural mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). (Medus, Cifuentes, Escudero y Díaz, 2017)

La investigación proponía una metodología para la cuantificación de áreas y volúmenes mediante la aplicación de varias funcionalidades de los SIG, aplicada al caso particular del pasivo ambiental del ex basural Belisario Roldán, generado sobre la planicie de inundación del estuario de Bahía Blanca, Argentina. Partiendo de la recopilación de imágenes satelitales y fotos aéreas disponibles, se elaboraron mapas temáticos que permiten visualizar temporalmente la evolución espacial de las zonas que fue ocupando el basural, según se muestra en la Figura 4. Se explican los distintos pasos realizados para calcular las áreas y volúmenes utilizando un software comercial y uno libre, a fin de comparar los resultados. Las áreas obtenidas mediante la aplicación de ambos software resultaron similares, en cambio en la determinación de los volúmenes, se observa una diferencia de un 14% superior con el software comercial, justificada por la diferencia de algoritmos que usa cada uno.



ODS N°11: Ciudades y Comunidades Sostenibles.

Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

Meta 11.6: *De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.*

Indicador 11.6.1: *Proporción de desechos sólidos urbanos recogidos periódicamente y con una descarga final adecuada respecto del total de desechos sólidos urbanos generados, desglosada por ciudad.*

Contribución del SIG al ODS 11 – Meta 11.6

El caso particular del ex basural Belisario Roldán (Bahía Blanca, Argentina), muestra que el SIG es una herramienta que ayuda a visualizar cronológicamente la evolución del mismo. Permite estimar el comienzo de un evento, indagar por la fecha el propietario de los terrenos y/o el responsable de su generación, hacer un seguimiento de su evolución en las distintas etapas, medir las áreas y estimar volúmenes e identificar si se discontinuó en algún momento su avance. La Figura 4 muestra la evolución del basural desde 1983 hasta 2015. Además, asociando el avance de las áreas con los distintos planes de ordenamiento territorial municipal y las legislaciones ambientales, se pueden identificar los motivos de la generación, las justificaciones que permitieron su desarrollo sobre la planicie de inundación del estuario, la necesidad de su cierre en el año 1991 ante las primeras legislaciones ambientales, el avance clandestino del pasivo ambiental después de su clausura hasta el 2015, convirtiéndose el área en un indicador de apoyo para medir tendencias. De esta manera, el SIG colabora con la Meta 11.6. Por otro lado, la Figura 4 también permite observar la proximidad con el Balneario Municipal Maldonado, que hasta el 2009 utilizó las aguas del estuario para uso recreativo con contacto directo.

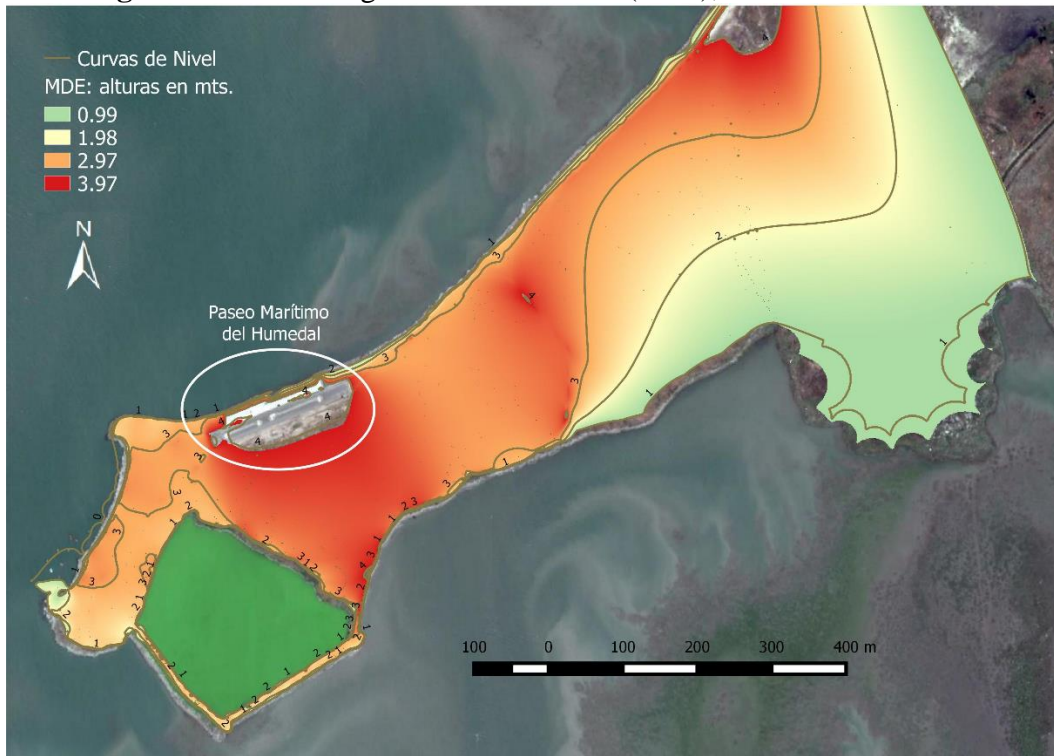
Figura 4. Evolución del Ex Basural Belisario Roldán de Bahía Blanca.



Fuente: Medus *et al* (2017).

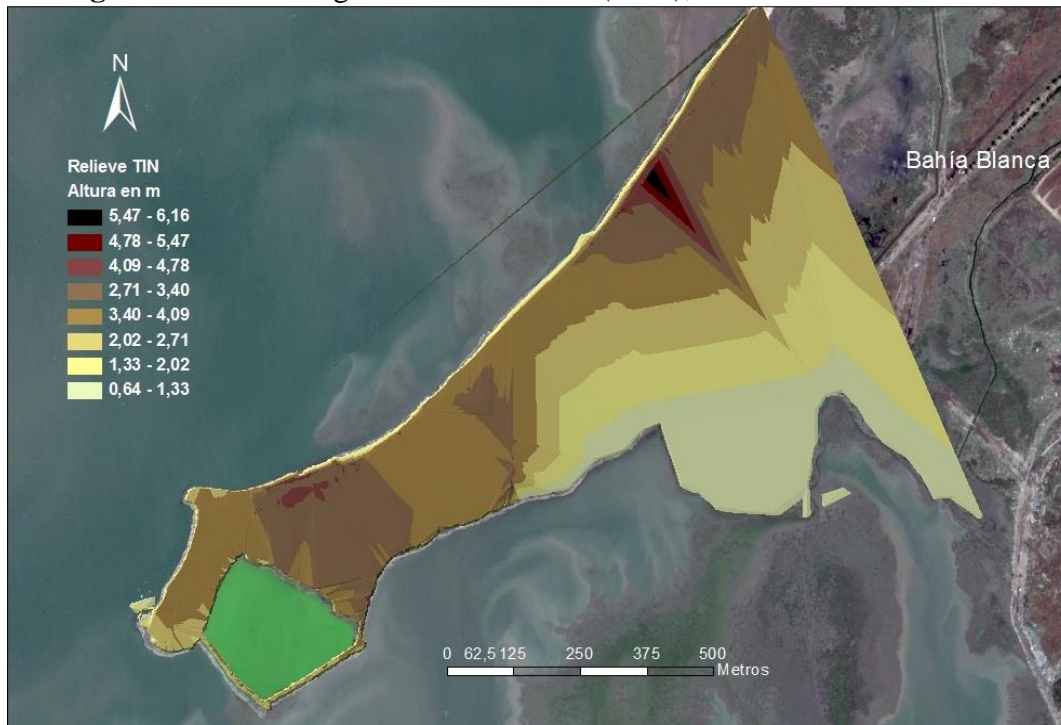
Asimismo, se muestra cómo a través de aplicaciones del SIG se pueden calcular volúmenes. Para este caso, se usaron dos softwares diferentes, uno libre (Figura 5) y otro comercial (Figura 6), cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.

Figura 5. Modelo Digital de Elevaciones (2015), Software SIG libre.



Fuente: Medus *et al.* (2017).

Figura 6. Modelo Digital de Elevaciones (2015), Software SIG comercial.



Fuente: Medus *et al.* (2017).

Ambas figuras presentan los dos Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) para el volumen total (2015) donde se aprecian las variaciones de altura por la gama de colores. La Tabla 2 no desagrega los valores de volúmenes por período para el software libre, sino que registra directamente el volumen total para estimar la diferencia de resultados entre ambos software. La diferencia de volúmenes se estimó en un 14% superior para el software comercial, que se debe a los distintos algoritmos que éste usa respecto del software libre, que le posibilitan el modelado de las áreas más altas del basural. Una de estas zonas se corresponde con el Paseo Marítimo del Humedal, construido en el 2011 que, para la Figura 5 (software libre) se representa como un vacío.

Tabla 2. Áreas y Volúmenes del Ex Basural.

Id	Período	Área Soft Comercial (m ²)	Área Soft Libre (m ²)	Volumen MDE Comercial (m ³)	Volumen MDE Libre (m ³)
0	Hasta 1983	53,779.20	53,779.00	47,252.81	Sin Dato
1	De 1984 a 1990	171,549.00	171,549.00	413,379.28	Sin Dato
2	De 1991 a 1996	110,413.00	110,413.00	316,347.48	Sin Dato
3	De 1997 al 2001	72,734.70	72,735.00	207,697.65	Sin Dato
4	Del 2002 al 2006	65,203.64	65,203.00	193,776.15	Sin Dato
5	Del 2007 al 2009	38,426.65	38,427.00	64,812.53	Sin Dato
6	del 2010 al 2015	38,297.17	38,298.00	92,214.35	Sin Dato
Totales		550,403.36	550,404.00	1,335,480.25	1,169,835.68

Fuente: Medus et al (2017).

Estos modelos digitales permiten calcular el volumen de basura, lo que agiliza la gestión para evaluar las alternativas de remediación del pasivo ambiental, aportando información de apoyo necesaria para lograr el ODS 11.

Caso N°4. SIG como herramienta de Apoyo a los Servicios de Abastecimiento de Agua. (Medus, Cifuentes y Escudero, 2019)

La gestión de los servicios de abastecimiento de agua requiere información organizada para planificar a corto, mediano y largo plazo. Es por ello que, este trabajo pretende mostrar cómo la implementación de un SIG puede colaborar para mejorar la calidad y eficiencia de esta gestión. Tomando como caso de estudio la localidad turística costera de Monte Hermoso, ubicada en el SO de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), se presentan algunas potencialidades de esta herramienta. Mediante la digitalización y centralización de la información en un SIG, se identificaron indicadores y se midieron tendencias, se visualizaron posibles escenarios futuros en los que se activaban alertas. Las metodologías aplicadas mostraron distintas condiciones del servicio respecto de la extracción de agua subterránea, que podrían ser optimizadas para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo.



ODS N°6 Agua Limpia y Saneamiento.

Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

Meta 6.1 *De aquí a 2030, lograr el **acceso universal** y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.*

Indicador 6.1.1 *Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos.*

Contribución del SIG al ODS 6 - Meta 6.1.

En lo que respecta a la red de distribución de agua corriente, la implementación del SIG ofrece potencialidades cuando se dispone de información. A través de esta herramienta se pueden visualizar calles, niveles de las mismas, longitudes de red con sus correspondientes tipos de caños, material, diámetro nominal, tipo de juntas, clase; cotas de terreno natural, cotas de intradós de cañerías, pendientes de los distintos tramos; hidrantes, tipo de hidrantes; estado de mantenimiento de cada uno; cañerías principales, secundarias y subsidiarias. Además, se puede volcar en la coordenada geográfica correspondiente, el detalle de nudo o esquina especial, con indicación de número de piezas, descripción del material, lo que facilita el rápido acceso si se requiere encontrarlas o identificar el tipo de accesorio, cuando es necesario realizar reparaciones, agilizando así la gestión. En las conducciones de transporte de alta presión, también se pueden identificar materiales y cada una de las piezas especiales como válvulas de cierre, válvulas de desagüe o limpieza, válvulas de aire, columnas de ventilación, válvulas de retención, dispositivos anti-ariete, entre otros (con sus diámetros, materiales, estado de los mismos, último mantenimiento). También pueden incluirse anclajes, accidentes geográficos, vías de comunicación, cruces de ferrocarriles, rutas, cursos de agua o depresiones del terreno y puntos fijos de nivelación de referencia. Incluso, es posible vincular videos de reparaciones anteriores como antecedente, para que quede disponible la historia de ese punto y no se dependa del conocimiento de quienes estuvieron en ese momento. Así el uso del SIG, mejoraría el proceso de trabajo en campo, teniendo la información actualizada y con fácil acceso. Para el caso de Monte Hermoso, la red de agua corriente cargada en el SIG, tiene una longitud aproximada de 85 km. En la Figura 7, se puede observar que la planta urbana, con mayor densidad poblacional, se encuentra totalmente cubierta. Asimismo, se identificaron las áreas que a esa fecha no contaban con el servicio (Medus et al, 2019).

Por el nivel de detalle mencionado para la implementación de la red de agua corriente, se deja pendiente su visualización en SIG en este caso. Pero lo expuesto muestra el aporte de esta herramienta al ODS 6 – Meta 6.1., al permitir visualizar el área de cobertura del servicio y sus avances en el tiempo, así como calcular las densidades de cada área al estimar la población que vive en ella.

Meta 6.4 *De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.*

Indicador 6.4.1 *Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo.*

Indicador 6.4.2 *Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles.*

Figura 7. Cobertura de la red de agua corriente.



Fuente: Medus *et al.* (2019).

Contribución del SIG al ODS 6 - Meta 6.4.

Para el caso de la gestión de abastecimiento de agua de esta localidad turística, la Figura 8 obtenida a través de la aplicación de un SIG, permite la visualización de los 51 pozos de captación geoposicionados, así como distintos escenarios de superposición de radios de influencia y sus áreas correspondientes. Para la zona de Monte Hermoso, las magnitudes de los radios de influencia están en el rango de valores admitidos para los acuíferos libres, los que suelen variar entre 10 y 500 m (Custodio *et al.*, 1983). Para el caso estudiado, solo se aplicaron radios de 50 m, 75 m y 100 m. Al generar las superposiciones, se pudieron identificar aquellos pozos que compiten en la captación. La Tabla 3 muestra los que no deberían funcionar simultáneamente para hacer un uso eficiente del recurso hídrico, evitar efectos no deseados por estrés hídrico, brindar mayor capacidad de bombeo, minimizar energía y disminuir costos en tarifas. Solo esta simple aplicación de SIG, muestra las bondades de la herramienta orientada a apoyar el cumplimiento de la Meta 6.4.

Figura 8. Escenarios para las perforaciones con radios de influencia de 75 m y 100 m.



Fuente: Medus *et al.* (2019).

Tabla 3. Superposición de radios de influencia para escenarios de 50, 75 y 100 m.

Pozo N°	Nombre	Superposición Radios de 50 m	Superposición Radios de 75 m	Ejes de pozo incluidos en radio de 75 m de otro pozo	Radio de 100 m	Ejes de pozo incluidos en radio de 100 m de otro pozo
1	1PA		2,3 PA		2,3,4	2
2	2PA	3 PA	1,3,4 PA	3	1,3,4,6,7	1, 3
3	3PA	2 PA	1,2 PA	2	1,2,4,6,7, 23	2
4	4PA		2,7 PA		1,2,3,5,6,7	
5	5PA	7 PA	7 PA		4,6,7,8,9	
6	6PA	7 PA	7 PA		2,3,4,5,7,8	
7	7PA	5, 6 PA	4,5,6 PA		2,3,4,5,6,8 PA	
8	8PA		10 PA		5,6,7,9,10,11,21 PA	
9	9PA	10 PA	10,11 PA		5,8,10,11 PA	
10	10PA	9, 11 PA	8,9,11,21 PA	9,11	8,9,11,12,21 PA	9, 11
11	11PA	10, 21 PA	9,10,12,21 PA	10	8,9,10,12,21 PA	10, 21
12	12PA		11,13 PA	10	10,11, 13, 21 PU	
13	13PA		12,14 PA		12,14 PA	
14	14PA		13 PA		13,15 PA	
15	15PA		16 PA		14,16,20 PA	
16	16PA		15 PA		15 PA	
17	17PA		18,19,20 PA		18,19,20 PA	
18	18PA	19 PA	17,19 PA		17,19,20 PA	
19	19PA	18, 20 PA	17,18,20 PA		17,18,20 PA	
20	20PA	19 PA	17, 19 PA		15,17,18,19 PA	
21	21PA	11 PA	10, 11 PA		8, 10, 11, 12 PA	11
22	22PA	23, 25 PA	23,25 PA		23,24,25 PA	23
23	23PA	22 PA	22, 24, 25 PA		3,22,24,25 PA	22
24	24PA	25 PA	23, 25 PA		22,23,25 PA	25
25	25PA	22, 24 PA	22, 23, 24 PA		22,23,24 PA	22, 24
37	37PU				1P, 4P	
1	1P				37 PU, 2P, 4P	
2	2P	3, 4 P	3, 4, 5 P		1P, 3P,4P, 5P	3P,4P
3	3P	2P	2, 4 P		2P,4P,5P,6P,7P,8P	2P
4	4P	2P	2,3 P		37PU, 1P, 2P, 3P	2P
5	5P		2 P		2P, 3P	
6	6P		7 P		3P,7P	
7	7P		6, 8 P		3P,6P,8P	
8	8P		7, 9, 10 P		3P, 7P, 9P, 10P	
9	9P	10P	8, 10 P		8P,10 P	10P
10	10P	9P	8, 9 P		8P, 9P	9P

Fuente: Medus *et al.* (2019).

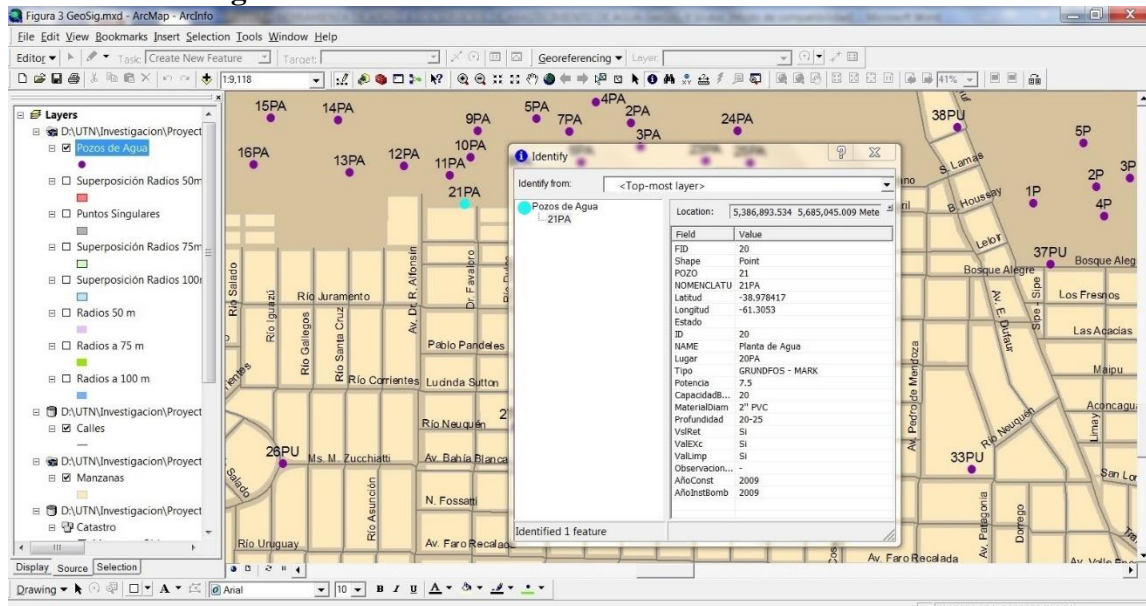
Por otro lado, en localidades costeras, el SIG permite identificar rápidamente aquellas perforaciones cercanas a la línea de pleamar, cuyos conos de depresión avanzan sobre la misma, pudiendo originar intrusión salina, comprometiendo la calidad de agua para el abastecimiento. Existen casos en los que, por este motivo, se han inutilizado parcial o totalmente los acuíferos. Esta condición no se detectó en Monte Hermoso, para los escenarios de perforaciones con radios de influencia de 50 m, 75 m o 100 m. Evitar la

intrusión salina permite preservar la calidad del agua del recurso hídrico subterráneo en función de la Meta 6.4.

Los SIG también permiten identificar puntos singulares o focos de posible contaminación de acuíferos dentro de los radios de influencia de los pozos de bombeo de agua para consumo. En este caso, se ubicaron las dos estaciones de servicio operativas en Monte Hermoso (una con más de 50 años de antigüedad y la otra inaugurada en 2012), así como otras dos no operativas. Mediante la implementación del SIG, se pudo observar que las estaciones operativas se encuentran fuera del radio de influencia de 100 m del pozo más cercano. Sin embargo, se detecta que una de las no operativas se encuentra dentro del radio de influencia de 50 m del pozo 26PU, viéndose más involucrada, con escenarios de radios que varían entre los 75 m y 100 m (Figura 8).

Otra potencialidad del SIG es que permite asociar planillas con la información relevada de cada pozo: año de construcción, profundidad de la perforación, coordenadas geográficas, datos de la bomba (tipo, potencia, capacidad de bombeo, material, válvulas, año de instalación). Asimismo, se podrían incorporar otros datos sobre mantenimiento (incluidos videos), con fechas, rutinas y otros. Esto facilitaría la visualización espacial, la actualización de datos y evitaría que la información dependa solo de la disponibilidad de una o algunas personas. En la Figura 9, se puede visualizar específicamente cómo se muestran los datos asociados al Pozo 21PA. Estos indicadores relevados y actualizados facilitan la gestión del servicio de abastecimiento al balneario y garantizan la atención de la Meta 6.4.

Figura 9. Visualización de datos asociados al Pozo 21PA.



Fuente: Medus *et al.* (2019).

En este trabajo se focaliza sobre algunas metas del ODS 6, pero como bien menciona Avtar *et al.* (2019), la aplicación de técnicas geoespaciales como los SIG promueve el alcance de las siete metas de este objetivo.

CONSIDERACIONES FINALES

Los casos presentados se vinculan a alguno de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODSs) pero se podrían asociar a otros, en los cuales también se usan datos geoespaciales para cumplir sus metas e identificar sus indicadores.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta innovadora para lograr algunas metas y hacer el seguimiento de los indicadores de los ODSs, pues como se evidencia en los ejemplos presentados, permiten visualizar ágilmente la información, hacer seguimiento de las imágenes en constante transformación y/o evolución, investigar superponiendo resultados de información para indagar sobre causas y efectos, administrar mediante sus aplicaciones la recopilación de información, medir tendencias de los distintos objetivos propuestos identificando avances y retrocesos de los indicadores, desarrollar una visión común integral de los programas de desarrollo territorial e identificar áreas a mejorar, modelar y recrear distintos escenarios futuros con el fin de identificar y prever futuros impactos ambientales, facilitar el acceso a los distintos actores sociales que lo utilizan y que podrían contribuir a mejorar la calidad de datos y productos, comunicar fácilmente la situación de un territorio para poder entenderlo, ofrecer a los usuarios una ventana de los trabajos realizados, mejorar la transparencia, y así propiciar la toma de decisiones para alcanzar los objetivos.

Los SIG son herramientas geoespaciales que ayudan a planificar, diseñar, implementar y supervisar programas para alcanzar los objetivos globales a partir de lograr los objetivos a nivel local y/o regional.

BIBLIOGRAFÍA

Avtar, R., Aggarwal, R., Kharrazi, A., Kumar, P. y Kurniawan T.A. (2019). *Utilizing geospatial information to implement SDGs and monitor their Progress*. Springer Environmental Monitoring and Assessment. Volume 192, Number 1. Environ Monit Assess (2020) 192:1-21. ISSN 0167-6369. DOI 10.1007/s10661-019-7996-9. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7996-9>

Cifuentes, O., Escudero, D. y Medus, S. (2014). *Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos en la zona del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca* [e-book]. Convenio Municipalidad de Bahía Blanca – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Bahía Blanca. Julio 2014. Editorial: Edutecne. ISBN/ISSN 978-987-1896-37-0. Fecha catalogación 15/12/14. Recuperado de:

http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/estudio_efluentes_bahia_blanca.pdf

Custodio, E.; Llamas, R. (1983). *Hidrología subterránea*. Segunda Edición Corregida. Tomo I. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 1166 pp.

Escudero, D., Medus, S., Cifuentes, O. y Devoto, B. (2014). *Propuesta Metodológica para la identificación de fuentes de plomo en cuencas colectoras urbanas*. Revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Luján, Año 6, Número 6, 2014, Sección II: Metodología. pp. 64-76. ISSN 1852-8031. Recuperado de:

https://87538a9a-4129-4498-961e-1bc765cd62c3.filesusr.com/ugd/79758e_50634b11da3a4edfa680c899baf93d22.pdf

Medus, S., Cifuentes, O., Escudero, D. y Díaz, N. (2017). *Estimación del Volumen de un ex basural mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. Revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Luján, Año 9, Número 9, 2017, Sección II: Metodología. pp. 53-62. ISSN 1852-8031. Recuperado de:

https://docs.wixstatic.com/ugd/79758e_797fc0c887d44631a2632018f124ba80.pdf

Medus, S., Cifuentes, O. y Escudero, D. (2019). *SIG como herramienta de Apoyo a los servicios de abastecimiento de agua*. Revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Universidad Nacional de Luján. Año 11, Número 15, 2019. Sección II: Metodología. pp. 1-14. ISSN 1852-8031. Recuperado de:

https://87538a9a-4129-4498-961e-1bc765cd62c3.filesusr.com/ugd/79758e_00ec8c2e3a30423fa13a56d5cb44f9d9.pdf

Naciones Unidas (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. In General Assembly 70 session (Vol. 16301). Recuperado de: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

Naciones Unidas, (2018). *Marco integrado de información geoespacial. Una guía estratégica para desarrollar y fortalecer gestión nacional de información geoespacial. IGIF*. Recuperado de:

https://ggim.un.org/IGIF/documents/PARTE_1_MARCO_%20ESTRATEGICO_GLOBAL.pdf

Naciones Unidas, (2019). *Marco Global Estadístico y Geoespacial*. Secretaría de Gestión Global de Información Geoespacial. Recuperado de:

https://ggim.un.org/documents/GSGF-Post_Consultation_080719_Spanish_final_version.pdf

© Silvina Medus, Olga Cifuentes y Daniela Escudero.

Medus, S.; Cifuentes, O.; Escudero, D. (2022). Los Sistemas de Información Geográfica como instrumento para lograr los objetivos del desarrollo sostenible. ***Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)***. 14(22) Sección I: 1-17

On-line: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Recibido: 30 de noviembre de 2021

Aceptado: 28 de marzo de 2022