



Desarrollo de una herramienta multicriterio para la toma de decisiones sobre el recurso hídrico en el ejido urbano de la ciudad de Mar del Plata

Proyecto Final

Juan Intelisano

Directora: Dra. Lourdes Lima

Evaluadores: Dr. Sebastián Grondona, Ing. Natalia Drault

*Proyecto final presentado en la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de **Ingeniero Ambiental.***

Octubre 2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	9
1.1	Objetivo general	13
1.2	Objetivos específicos	13
2	MARCO TEÓRICO.....	14
2.1	Definición de Recursos Hídricos	14
2.1.1	Formas y disposición: Ciclo del agua.....	14
2.2	Problemática	15
2.3	Gestión Ambiental.....	17
2.3.1	Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH)	17
2.4	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	19
2.4.1	Elementos de un SIG	21
2.5	Toma de decisiones	22
2.6	Análisis multicriterio	25
2.6.1	Aplicaciones	25
2.6.2	Métodos de solución.....	25
2.6.3	Etapas	26
2.7	Sistema de Apoyo para la Toma de Decisiones (DSS).....	27
2.7.1	Componentes principales de un DSS:.....	27
2.7.2	Conceptos fundamentales.....	28
2.7.3	Etapas	28
3	ÁREA DE ESTUDIO	29
3.1	Ciudad de Mar del Plata.....	29
3.1.1	Clima.....	30
3.1.2	Geología.....	31
3.1.3	Hidrografía.....	31
3.1.4	Hidrogeología.....	32
3.1.5	Demografía	32

3.1.6	Ejido urbano de la ciudad de Mar del Plata.....	34
3.2	Zonificación	35
3.3	Gestión del agua en la ciudad de Mar del Plata	37
3.4	Descripción de la distribución del recurso en la ciudad	40
4	METODOLOGÍA	41
4.1	Introducción	41
4.2	Procedimientos	43
4.2.1	Digitalización de información	43
4.2.2	Selección de criterios, subcriterios y alternativas.....	43
4.2.3	Modelo estratégico: priorización y valoración de criterios y subcriterios	62
4.2.4	Valoraciones de los stakeholders.....	64
4.2.5	Estructura del modelo multicriterio.....	69
4.2.6	Valoración de criterios	72
4.2.7	Valoración de subcriterios	72
5	RESULTADOS	77
5.1	Contribución de criterios	77
5.1.1	Interpretación de resultados tabla XXII: Contribución de criterios.	78
5.2	Contribución de subcriterios	79
5.2.1	Interpretación tabla XXIII: Contribución de subcriterios.....	80
6	OPORTUNIDADES DE MEJORAS	87
7	CONCLUSIONES	89
	Anexos.....	91
	Anexo I: Marco legal.....	91
	BIBLIOGRAFÍA	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1—I Ciclo del agua.....	15
Figura 2.3—I Fase de la planificación e implementación de la GIRH	18
Figura 2.3—II La gestión ambiental y sus componentes	19
Figura 2.4—I Elementos que componen el sistema SIG.....	22
Figura 2.5—I Los tres elementos de decisión sobre el recurso hídrico.....	23
Figura 2.5—II Estructura del proceso de decisión.....	24
Figura 2.5—III Modelo humano para la ciencia y evaluación de las decisiones.....	24
Figura 2.6—I Etapas del proceso de decisión multicriterio	26
Figura 2.7—I Componentes de un DSS.....	27
Figura 2.7—II Componentes del análisis multicriterio espacial	28
Figura 2.7—III Mapa conceptual correspondiente a los elementos de la evaluación multicriterio espacial	29
Figura 3.1—I Provincia de Buenos Aires, el Partido de general Pueyrredon y la ciudad de Mar del Plata.....	34
Figura 3.1—II Línea ejidal de la ciudad de Mar del Plata.....	35
Figura 3.2—I Las 7 zonas de la ciudad, establecidas por el Plan de Acción MGP-BID.....	36
Figura 3.3—I Red de Agua Potable.....	38
Figura 3.3—II Red Cloacal	39
Figura 3.3—III Red Pluvial	40
Figura 4.2—I Procedimiento completo realizado para la obtención de resultados.....	43
Figura 4.2—II Objetivo, criterios y subcriterios seleccionados.....	44
Figura 4.2—III Ubicación de los pozos de extracción de OSSE.....	50
Figura 4.2—IV Criaderos y el área de estudio.....	51
Figura 4.2—V Industrias identificadas dentro del área de estudio	52
Figura 4.2—VI Sitios de Almacenamiento Subterráneo de Hidrocarburos (SASH) identificados dentro del área de estudio.....	53
Figura 4.2—VII Microbasurales, áreas frutihortícolas y cementerios identificados en el área de estudio.....	55
Figura 4.2—VIII Árbol de valores divididos por el objetivo, criterios, sub criterios y alternativas (CDP)	71
Figura 4.2—IX Valoración de criterios en el software	72
Figura 4.2—I Puntaje de decisión por zona (CDP).....	77
Figura 5.1—I Contribución de cada criterio	78

Figura 5.2—I Contribución de subcriterios	80
Figura 5.2—II mapa colorimétrico de zonas prioritarias para la gestión del agua.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Descripción de subcriterios y sus respectivas fuentes.	44
Tabla II Zonas con conexión a la red de agua potable.....	46
Tabla III Grado de satisfacción de los ciudadanos acerca del servicio de OSSE.....	47
Tabla IV Porcentaje de ciudadanos que perciben colapsos en el sistema cloacal	48
Tabla V Porcentaje de ciudadanos que perciben flujo de aguas cloacales.....	48
Tabla VI Personas con conexión a la red cloacal.	49
Tabla VII Pozos de extracción activos con sus respectivos caudales.....	49
Tabla VIII Porcentaje de viviendas encuestadas por zona, que indican la frecuencia de inundaciones ocurridas durante el último de obtención de datos.....	56
Tabla IX Grado de satisfacción sobre la calidad de las viviendas que habitan.....	57
Tabla X Porcentaje de personas que afirman que tuvieron dificultades para pagar tarifas relacionadas al servicio del recurso.....	57
Tabla XI Porcentaje de personas que utilizan el servicio de salud pública	58
Tabla XII Cantidad de asociaciones vecinales o sociedades de fomento por zona	58
Tabla XIII Cantidad de habitantes por zona	59
Tabla XIV Límites tolerables establecidos en el marco regulatorio para la prestación del servicio de agua potable	60
Tabla XV Resultados del análisis del documento en el cual se exponen las mediciones realizadas por OSSE.....	61
Tabla XVI Tabla de ponderaciones realizadas por los stakeholders.....	64
Tabla XVII Recategorización de Acceso a agua potable.....	66
Tabla XVIII Recategorización de Calidad del servicio.....	67
Tabla XIX Recategorización de Colapso del sistema cloacal	68
Tabla XX Recategorización de Conexión a red cloacal.....	68
Tabla XXI Recategorización de Porcentaje de personas que perciben inundaciones	69
Tabla XXII Contribución de criterios.	77
Tabla XXIII Contribución de subcriterios.....	79
Tabla XXIV Distribución del puntaje total de la zona 6.....	83
Tabla XXV Distribución del puntaje total de la zona 3.....	83
Tabla XXVI Distribución del puntaje total de la zona 4	84
Tabla XXVII Distribución del puntaje total de la zona 5.....	84
Tabla XXVIII Distribución del puntaje total de la zona 7.....	85
Tabla XXIX Distribución del puntaje total de la zona 2.....	85

Tabla XXX Distribución del puntaje total de la zona 1 86

LISTADO DE ABREVIATURAS

- ADA: Autoridad del Agua
- AHP: Analytical Hierarchy Process
- BID: Banco Interamericano de Desarrollo.
- BM: Banco Mundial.
- CDP: Criterium Decision Plus.
- CEPAL: Comisión Económica Para América Latina.
- CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- DPSIR: Drivers, Pressures, State, Impact and Response model of intervention.
- DSS: Decision System Support.
- EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales.
- EPC: Encuesta de Percepción Ciudadana.
- FASTA: Fraternidad de Agrupaciones Santo Tomás de Aquino (Universidad).
- GIRH: Gestión Integral de los Recursos Hídricos.
- GIS/SIG: Geographic Information System / Sistema de Información Geográfica.
- GWP: Global Water Partnership.
- ICES: International Council for the Exploration of the Sea.
- IGCYC: Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario.
- IHA: Instituto del Hábitat y del Ambiente.
- IIMYC: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras.
- INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- MAUT: Multi-Attribute Utility Theory.
- MCA: Multi Criteria Analysis.
- MdP: Mar del Plata.
- MGP: Municipalidad de General Pueyrredon.
- OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible.
- OSSE: Obras Sanitarias Sociedad Estado.
- PGP: Partido de General Pueyrredon.
- UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
- UNMDP: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- USGS: U.S. Geological Survey.
- WHO: World Health Organization.
- WWAP: World Water Assessment Programme.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a todas aquellas personas que me acompañaron todos estos años “facultativos”, en especial:

A mis amigos, quienes siempre estuvieron dispuestos a cortar la semana cuando eran momentos difíciles.

A mis compañeros y amigos (Franco, Francisco, Iván, Valentina, Delfina), porque comenzamos un marzo de 2016 con la ilusión e incertidumbre que genera una nueva carrera universitaria. Gracias por haber transitado este camino conmigo, por haber transformado las materias “imposibles” en posibles, por esas largas tardes de mates, mediodías de pastas, y noches de café, y por ser siempre respetuosos y ejemplo de personas. Gracias Valentina por ser mi compañera incondicional y nuestra “líder” en este viaje. Lo valoro mucho.

A mi familia. Nunca me van a alcanzar las gracias por haberme apoyado en todas mis decisiones, incluso cuando no estaban totalmente de acuerdo. Perdón por tantas ausencias en una etapa que voy a añorar más adelante...

Al grupo de investigación “Recursos Hídricos” de la universidad (Natalia, Victoria, Coca, Lourdes, Héctor, Paula, Barbara). Quienes me enseñaron a ver al agua de otra manera y me incluyeron desde el primer día en los proyectos, por más poco que entendiera. Especialmente le quiero agradecer a la directora del grupo, y a mi directora de Proyecto final, Lourdes, quien siempre se comprometió a guiarme en este trabajo, en la semana o fin de semana, a las 8 de la mañana o a las 10 de la noche. Incluso cuando le tocó dar a luz... Infinitas gracias.

1 INTRODUCCIÓN

La sobreexplotación de los recursos hídricos y el deterioro de la calidad del agua causada por la contaminación, así como por las deficiencias de la existente infraestructura, requieren una atención inmediata. Los recursos hídricos son vulnerables a cuatro fuentes principales de contaminantes: aguas residuales domésticas, lixiviados de desechos sólidos, efluentes industriales y actividades agrícolas. Esto destaca el papel de los mercados, la planificación urbana, los seguros, las políticas, la tecnología, la gobernanza, las actitudes y valores culturales, las instituciones, los marcos legales y las estrategias de toma de decisiones en la mitigación del deterioro hídrico (UNESCO, 2019).

La sostenibilidad del agua dulce se destaca como el más importante desafío del desarrollo sostenible porque se ocupa de recurso más preciado y finito del planeta. Cuando escasea el agua en una comunidad o se ve amenazado el recurso, aumentan los riesgos económicos, sociales y ambientales. Por lo tanto, se necesita un enfoque de gestión integrado y proactivo para equilibrar las necesidades en competencia de este recurso limitado. (UN-Water, 2013). Si hablamos de la sostenibilidad del agua como desafío global, podemos acotar el desafío a la región de América Latina y el Caribe, en donde los principales motores socioeconómicos que ejercen presión sobre los sistemas hídricos son: la rápida urbanización, el desarrollo económico y la desigualdad. La pobreza es un factor persistente en la mayoría de los países de la región, lo que contribuye a la vulnerabilidad al cambio climático. La desigualdad económica también se traduce en desigualdad en el acceso al agua y al saneamiento, y viceversa. Además, según el IPCC (IPCC, 2014a) las personas pobres están expuestas a mayores riesgos de enfermedades transmitidas por el agua.

Si se habla de desarrollo económico y frente a las prioridades que este presenta, el agua es necesaria para satisfacer las necesidades sectoriales (domésticas, agrícolas, energéticas) y de los ecosistemas, lo que plantea desafíos persistentes para la gestión sostenible de los recursos hídricos. Los países de América del Sur y Central satisfacen el 60% de su demanda de energía a través de la energía hidroeléctrica, mientras que al mismo tiempo, el cambio de uso de la tierra para la producción de alimentos y la producción energética a partir de biomasa, ejerce presión sobre los recursos hídricos (IPCC, 2014a). Otro punto importante radica en que más del 80% de la población de la región vive en zonas urbanas y las sequías se han relacionado con la reducción de los ingresos laborales y de empleo en las ciudades latinoamericanas. La vulnerabilidad a los impactos relacionados con el agua y el cambio climático también es alta en las zonas rurales, con factores climáticos que limitan las opciones económicas e impulsan la migración (UNESCO, 2020).

Argentina presenta una amplia distribución de acuíferos en todo el territorio, facilitando la provisión de agua potable para consumo humano y para el desarrollo socioeconómico (industrial, poblacional y de riego) en aquellas regiones caracterizadas por un clima árido. Las regiones urbanas y rurales se abastecen de agua subterránea de manera parcial o total. Y aunque el uso es masivo, existen limitaciones en el uso del agua superficial y subterránea producto de la calidad de la misma y de la vulnerabilidad de los acuíferos ya sea por su uso no sostenible o por contaminación del medio debido a las actividades humanas, como alteración antrópica del uso de suelo, prácticas agrícolas, deforestación y uso de agroquímicos.

La composición del subsuelo de donde se extrae el agua presenta sedimentos finos de origen eólico ricos en vidrio volcánico lo que genera elevados contenidos de arsénico (presente en 15 provincias), flúor, vanadio, etc. tanto en aguas superficiales como subterráneas. Se estima que aproximadamente 1,5 millones de personas están expuestas a niveles superiores a los exigidos por la normativa en lo que respecta a la concentración máxima de arsénico (Rodríguez, A; Dardis, N, 2011).

En las zonas urbanas y rurales del noroeste de la provincia de Buenos Aires el acuífero Puelches, presenta diferentes niveles de contaminación con nitratos y bacterias coliformes, asociada a residuos sólidos de basurales y a pozos negros (Rodríguez, A; Dardis, N, 2011). El agua subterránea en el sudeste bonaerense es la única fuente de abastecimiento para la población y soporte esencial de las diversas actividades que se desarrollan en el área bajo estudio; constituye, además, un insumo esencial en los servicios ecológicos de los ecosistemas. En las últimas dos décadas la población creció significativamente en la ciudad de Mar del Plata: de 541.951 habitantes declarados en 2001 (INDEC, 2005) a 610.909 habitantes (proyectados) en 2016 (INDEC, 2013), lo que arroja un incremento del 12.72% aunque se estima que, al día de hoy, el porcentaje es mayor. Además, se muestran notables dinámicas socioespaciales y se han observado varias transformaciones: crecimiento demográfico; expansión residencial e intensificación agrícola (Daga et al., 2017). Dichas transformaciones han sumado presiones del uso del suelo sobre los recursos naturales, que conduce a una mayor amenaza de contaminación del recurso hídrico.

En la ciudad de Mar del plata, Argentina, la gestión del recurso hídrico está a cargo de la empresa municipal OSSE (Obras Sanitarias Sociedad Estado), la cual tiene como obligaciones (según la Ordenanza de su creación) “la prestación, administración, explotación, mantenimiento, control, ampliación, renovación, construcción, estudios,

investigación y aplicación de nuevas tecnologías de los servicios de provisión de agua potable, desagües domiciliarios, cloacales, industriales y/o de cualquier otro carácter y, en general, de saneamiento básico en el partido de General Pueyrredón, así como la explotación, captación y utilización de aguas destinadas a tal fin“. La misma, declara que la población con acceso a agua potable es del 97 %, lo que implica un radio servido de agua de 2.288,52 kilómetros de conductos; resultando en una producción anual promedio de agua de 139.000.000 m³.

En cuanto a la población, según el segundo informe de Mar del Plata Entre Todos, el consumo de agua per cápita en la ciudad es de 361 litros/persona/día, contra los 250 de Florianópolis, 200 de Montevideo, 198 de Asunción y 90 de Cochabamba Metropolitana (MdP Entre Todos, 2018), evidenciando un consumo no sostenible y desempeño altamente crítico. Por esta y muchas otras razones, es importante contar con herramientas para su correcta gestión, las cuales ayudan a maximizar el consenso y minimizar el conflicto entre grupos de interés y por ende, conducir a mejores decisiones con respecto a la gestión de los recursos hídricos. En este gran campo de los recursos hídricos, las herramientas principales son las técnicas de análisis multicriterio (MCA), que tienen la capacidad de realizar una evaluación predictiva de diferentes escenarios y de facilitar la toma de decisiones participativa al procurar la consideración de múltiples criterios, objetivos y percepciones conflictivas (González y Enríquez de Salamanca, 2018). Aunque de estas hablaremos más adelante, podemos anticipar que se suelen dividir en dos grupos en función al número de alternativas posibles para la toma de la decisión, pudiendo ser éste un número finito o infinito. Los grupos son:

- Método de decisión multiobjetivo: en donde las funciones objetivo pueden tener un número infinito de valores distintos, que conducen a un número infinito de alternativas posibles a tener en cuenta.
- Métodos de decisión multicriterio discretos: son los más comunes en la vida real. Este tipo de métodos se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto de problemas que, por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución (Aguiar, 2012).

En la gestión del recurso hídrico solemos utilizar los métodos de decisión multicriterio discretos y como ejemplo, podemos mencionar algunos de los últimos trabajos realizados en las cercanías del área de estudio:

- ✓ En el trabajo *“Proceso multidisciplinario en el desarrollo de un modelo de decisión multicriterio para priorizar cuencas hídricas en el Partido de General Pueyrredon”*,

(Barilari et al., 2020), se propuso una metodología multidisciplinaria para desarrollar un modelo de decisión multicriterio para la gestión del agua subterránea en PGP, adoptando una estrategia participativa a través de talleres multidisciplinarios con distintas organizaciones gubernamentales y científicos vinculados a la temática. Se utilizó el mismo software de decisión que en este Proyecto final (Decision Plus 4.0 Beta). Se consideraron 14 cuencas hídricas y se definieron 5 criterios de evaluación, cada uno de ellos con sus respectivos subcriterios. Luego de la elaboración del modelo tanto preliminar como final y que se hallan desarrollado los talleres respectivos para validar los criterios (modelo multi-voiced), se obtuvieron las 5 cuencas de mayor prioridad.

- ✓ En el caso del trabajo *“Evaluación preliminar del peligro de contaminación del agua subterránea a partir de fuentes puntuales del Partido de General Pueyrredon, provincia de Buenos Aires”* (Lima et al., 2018), se propuso una metodología para evaluar el peligro potencial de contaminación de cada fuente puntual en relación con el agua subterránea. Consistió en una serie de etapas, como identificación, inventario y mapeo de fuentes puntuales de contaminación (se incorporaron los datos a un GIS), luego se evaluó el peligro potencial de contaminación del agua subterránea y se determinó a partir de la profundidad, la distancia a los pozos de abastecimiento de agua potable y un peso potencial de contaminación. Se realizó un producto de los diferentes mapas y se clasificó en 3 categorías de peligro de contaminación a cada fuente puntual: baja, moderada y alta peligrosidad. El trabajo realizado permitió contar con una primera evaluación del peligro de contaminación del agua subterránea para el Partido, identificando y clasificando cada fuente puntual involucrada en la gestión sostenible del recurso hídrico subterráneo.
- ✓ Otro ejemplo es el trabajo titulado *“Modelo basado en predicados difusos para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea”* (Lima, et. al, 2020) en el cual se desarrolló una herramienta para evaluar la vulnerabilidad de la contaminación de las aguas subterráneas a través de predicados difusos en un área de la llanura pampeana en Argentina. Los resultados en el mapa difuso final identificaron las cuencas media y baja como áreas con valores de verdad altos y muy altos para el predicado principal: "El agua subterránea es vulnerable"; por lo tanto, estos sectores se definieron como las principales áreas de mayor vulnerabilidad. El estudio mostró que los modelos difusos son herramientas informáticas más eficientes para los tomadores de decisiones en la gestión de los recursos hídricos debido a la alta discriminación del territorio, produciendo resultados exitosos utilizando menos variables que otros enfoques ordinarios.

- ✓ (Romanelli et al., 2021) en su trabajo titulado *“Una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para la prevención de contaminación del agua y la eutrofización en lagos poco profundos dependientes de aguas subterráneas en áreas periurbanas basadas en el marco DPSIR”* propone un marco metodológico para evaluar los problemas de contaminación del agua mediante la combinación de una herramienta de modelado conceptual (DPSIR) con el desarrollo de un modelo cuantitativo (Modelo de Decisión de Criterios Múltiples). Se tomaron 41 indicadores para caracterizar los compartimentos DPSIR y para conceptualizar el modelo multicriterio. Se eligieron y evaluaron instrumentos de gestión del recurso a través de una herramienta multicriterio de apoyo a la toma de decisiones, Para ilustrarlo se eligieron dos cuencas hidrográficas de dos ciudades medianas. Los resultados permitieron establecer un ranking de áreas a priorizar, identificando un criterio y subcriterio en el que enfocarse con el fin de plantear la acción para minimizar la contaminación del agua y la eutrofización.

1.1 Objetivo general

Proponer una metodología de análisis multicriterio para el desarrollo de un modelo de decisión en la gestión de los recursos hídricos en la ciudad de Mar de Plata, Provincia de Buenos Aires.

1.2 Objetivos específicos

- I. Revisar y actualizar los antecedentes sobre geomorfología, litología, usos del suelo y contaminación ambiental en el Partido de General Pueyrredon.
- II. Identificar y mapear las zonas que se utilizarán como alternativas en el modelo de decisión.
- III. Desarrollar el modelo de decisión multicriterio que identifique las zonas de alta prioridad con necesidad de intervención en la gestión del recurso hídrico.
- IV. Obtener dentro del Sistema de Información Geográfica (SIG) los mapas base y los mapas derivados que se utilizarán como insumos en el modelo de decisión.
- V. Exportar los resultados del modelo de decisión al SIG y realizar el mapa final de prioridades por zonas.
- VI. Proponer acciones de gestión del recurso hídrico para las zonas de mayor prioridad.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de Recursos Hídricos

Según el International Glossary of Hydrology publicado en el año 2012 por la UNESCO; los Recursos Hídricos son aquellos que se encuentran disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo dados, apropiados para satisfacer una demanda identificable. En otras palabras, hacen referencia a toda el agua que se encuentra almacenada o que podría almacenarse. Por lo tanto, tendremos que referirnos a todas las disposiciones y formas en la que esta se encuentra en nuestro planeta.

2.1.1 Formas y disposición: Ciclo del agua

Como se mencionó anteriormente, el agua presente en Tierra se puede encontrar de manera natural en diversas formas y lugares:

- En la atmósfera
- En la superficie
- Bajo tierra
- En los océanos

El agua dulce representa únicamente el 2,5% del agua de la Tierra y se encuentra en mayor parte congelada en glaciares y casquetes glaciares. Aproximadamente el 96% del agua dulce en estado líquido se localiza en zonas subterráneas y la pequeña fracción restante se encuentra en la superficie o en la atmósfera.

Es de suma importancia conocer el ciclo del agua, ya que a partir de su estudio, se pudo comenzar a calcular la cantidad de agua disponible en distintas partes del mundo. El ciclo del agua en la Tierra es el proceso por el que el agua es transportada desde el aire hasta la Tierra (precipitación) y finalmente vuelve a la atmósfera (evaporación).



Figura 2.1—El Ciclo del agua. Fuente: USGS

Los principales componentes naturales de este ciclo son las precipitaciones, la infiltración en el suelo, la escorrentía de superficie, la liberación de aguas subterráneas hacia aguas superficiales y océanos, así como la evapotranspiración de los cuerpos de agua, el suelo y las plantas. (USGS, 2019)

2.2 Problemática

Actualmente, en todo el planeta los recursos hídricos se encuentran bajo una gran presión, y uno de los factores críticos es el gran crecimiento demográfico ya que, según varias estimaciones, si se continúa con dicho crecimiento poblacional además de gestionar el recurso hídrico de manera inadecuada, existirá un déficit del 40% entre la demanda prevista y el agua disponible en 2030. Según un informe del Banco Mundial, para el año 2050 la producción agrícola deberá aumentar en un 60% para alimentar a las 9000 millones de personas proyectadas para ese entonces. Además, la extracción de agua deberá hacerlo en un 15%, siendo que hoy en día el 70% de la extracción mundial de este recurso se destina para la producción agrícola, lo que genera un futuro escenario preocupante. Y se estima que para 2025, 1800 millones de personas vivirán en regiones con escasez absoluta de agua.

El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos correspondiente al año 2020 describe las razones por las cuales el uso del agua (global) se multiplicó por seis en los últimos 100 años y sigue en aumento a razón de 1% anual. Dichas razones son:

1. Crecimiento demográfico
2. Desarrollo económico
3. Cambios en los patrones de consumo

Otro factor que puede agravar el escenario -de distintas maneras- a futuro es el cambio climático: alterando la disponibilidad estacional del agua en distintos lugares y aumentando la frecuencia y magnitud de fenómenos extremos (olas de calor, precipitaciones, tormentas, marejadas, etc.) lo que influirá negativamente en la calidad del agua debido al incremento de sus temperaturas generando disminución de la cantidad de O₂ disuelto y por lo tanto, reducirá la capacidad de autodepuración de los depósitos de agua dulce. Relacionando a los inconvenientes provocados en el saneamiento, se puede decir que las inundaciones y mayor concentración de contaminantes, aumentarán el riesgo de polución del agua y contaminación patogénica. Tales efectos a su vez continuarían provocando complicaciones en cadena una vez que afecten a los ecosistemas, ya que se perderá biodiversidad y afectará la disponibilidad de servicios ecosistémicos vinculados al recurso hídrico como la purificación del agua, la captación y almacenamiento de carbono, protección natural contra inundaciones, suministro de agua para agricultura, pesca y ocio, etc.). Los países pobres, las personas (casi 1000 millones) que habitan las cuencas monzónicas y aquellas que residen en deltas fluviales (500 millones), serán los más afectados.

Entonces ¿Cómo hacer frente a estos desafíos? Los estados del mundo deben aprender a gestionar adecuadamente los recursos hídricos y aquellos servicios asociados para así poder fortalecer la seguridad hídrica en los escenarios posibles mencionados. Para llevar a cabo la correcta gestión, se deberá invertir en:

- ▶ El fortalecimiento institucional
- ▶ La gestión de información
- ▶ El desarrollo de infraestructura (natural y artificial)

Pero se requieren ciertas herramientas institucionales para hacerlo posible. Algunas herramientas pueden ser:

- ▶ Marcos legales y regulatorios
- ▶ Mecanismos de fijación de precios e incentivos para asignar
- ▶ Regulación y conservación de los recursos hídricos.
- ▶ Sistemas de información para el monitoreo de los recursos
- ▶ La toma de decisiones en condiciones de incertidumbre

- ▶ El análisis de los sistemas, y los pronósticos y alertas hidrometeorológicos.

Es sumamente importante la innovación tecnológica de las naciones de cara a explorar nuevas inversiones para mejorar ciertos aspectos importantes como: la productividad, conservación y protección de recursos, reciclaje de distintos tipos de aguas, desarrollo de distintas fuentes de agua no convencionales, investigación de oportunidades de mejora de almacenamiento de aguas, etc. Finalmente, la seguridad hídrica comenzará a transitar una etapa de fortalecimiento cuando la comunicación y difusión de las acciones correctivas tenga una rápida aceptación, y por tanto dichas acciones, puedan ser aplicadas. (BM, 2017; UNESCO, 2020)

2.3 Gestión Ambiental

Existen decenas de definiciones que describen a la Gestión Ambiental, que generalmente están estrechamente ligadas al proceso técnico-administrativo, financiero y político, pero tienden a dejar a un lado el hecho de que el ambiente, es la resultante entre el subsistema social (antrópico) y el subsistema natural (biótico y abiótico). Por lo tanto, una idea más integral sería pensar la Gestión Ambiental con foco a enfrentar problemas no estructurados, diferentes escalas territoriales, diversidad de actores, la existencia de conflictos de intereses que requieren concertación, y la necesidad de tomar decisiones de riesgo, bajo un enfoque interdisciplinario; pudiendo entenderse como una sumatoria de intervenciones de distintos stakeholders (Estado, empresarios, sociedad civil, ambientalistas, especialistas) los cuales tienen como objetivo la resolución de conflictos ambientales frente a los cuales se deben disponer una serie de actividades y recursos, tanto humanos como técnicos y financieros (Muriel, 2006; Barilari, 2020).

2.3.1 Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH)

Los primeros elementos que componen la GIRH, tienen su origen tanto en experiencias de campo como en la primera Conferencia Global de las Naciones Unidas sobre el Agua de 1977 en Mar del Plata, pero siendo objeto de profundos debates luego de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en 1992 en Río de Janeiro. La definición que da la Asociación Mundial para el Agua (GWP) de la GIRH es hoy la más aceptada: “La GIRH es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (WWAP, 2009).

Entonces, la evidencia bibliográfica indica que la GIRH es un proceso cíclico y de largo plazo que requiere de un fuerte compromiso del sector político y del apoyo participativo de la comunidad en su totalidad (Pochat, 2008). En principio se deben definir los objetivos de la política hídrica. Luego se deben especificar las necesidades y problemas a resolver en cuanto a la gestión del agua. Posteriormente, se tienen que plantear una serie de estrategias, que deben ser evaluadas y seleccionadas. Esas estrategias deben surgir de las políticas y son las que permitirán tomar decisiones en función de lo planificado y de la información disponible.

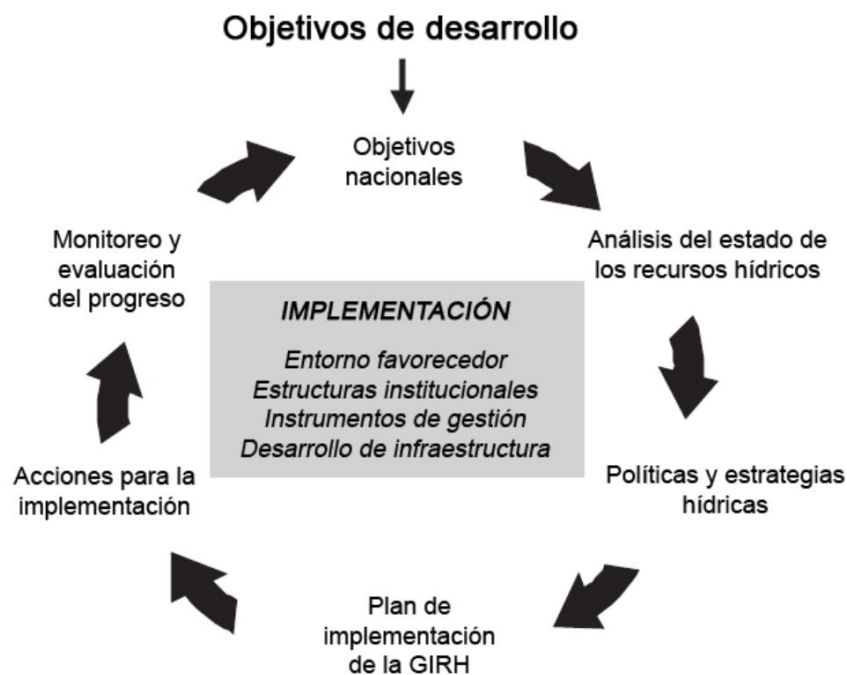


Figura 2.3—I Fase de la planificación e implementación de la GIRH. Fuente: “Naciones Unidas, El Agua Fuente de Vida” <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>

El plan GIRH comprende la coordinación y el acuerdo por parte de los actores, mientras que la implementación requiere de acciones legales, institucionales y de gestión, así como también del desarrollo de capacidades por parte de los diferentes actores (GWP, 2009). El enfoque integrado coordina la gestión de recursos hídricos en todos los sectores y grupos de interés, y a diferentes escalas, desde la local a la internacional. Pone énfasis en la participación en los procesos nacionales de formulación de leyes y políticas, estableciendo una buena gobernabilidad y creando acuerdos normativos e institucionales efectivos que permitan tomar decisiones más equitativas y sostenibles. Toda una gama de herramientas, tales como evaluaciones sociales y ambientales, instrumentos económicos, y sistemas de información y monitoreo, respaldan este proceso (GWP, 2009; Barilari, 2020).

Por lo tanto, la gestión integrada de recursos hídricos debe ser el resultado de un conjunto de decisiones y acciones tomadas considerando la cuenca hidrográfica como unidad de análisis, tendientes a la equidad en el uso del agua y la protección del recurso y el ambiente, la formulación de proyectos hidráulicos de propósitos múltiples y su ejecución en forma coordinada, así como la construcción de obras complementarias (Dourojeanni y Jouravlev, 2001; Dourojeanni, 2010).

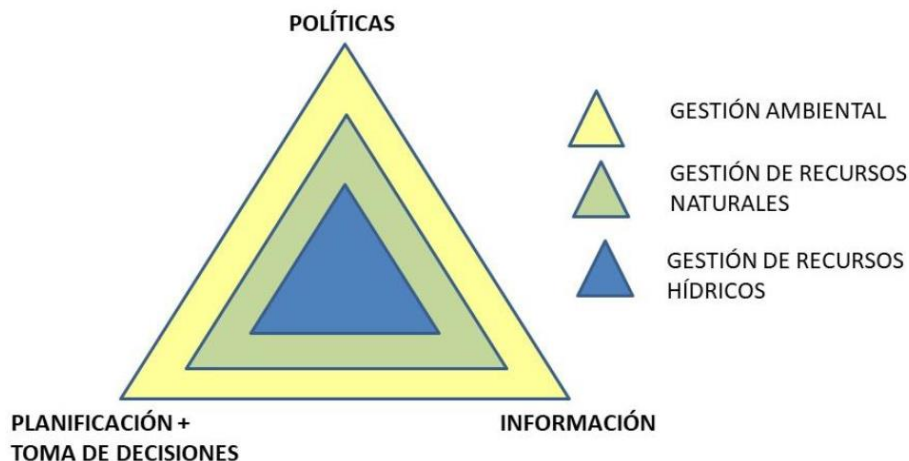


Figura 2.3—II La gestión ambiental y sus componentes. Fuente: Agustina Barilari, 2020

Finalmente, podemos concluir que la gestión integrada del agua puede entenderse como al menos cinco formas distintas de integración:


- ✓ la integración de los intereses de los diversos usos y usuarios de agua y la sociedad en su conjunto, con el objetivo de reducir los conflictos entre los que dependen de y compiten por el recurso;
- ✓ la integración de los aspectos del agua que tengan influencia en sus usos y usuarios (cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia), y de la gestión de la oferta con la gestión de la demanda;
- ✓ la integración de las diferentes fases del ciclo hidrológico;
- ✓ la integración de la gestión del agua, de la gestión de la tierra y otros recursos naturales y ecosistemas relacionados;
- ✓ la integración de la gestión del agua en el desarrollo económico, social y ambiental (CEPAL, 2020).

2.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un SIG -o mayormente conocido como GIS (en inglés)- es un sistema que integra la tecnología informática, personas e información geográfica, cuya principal función consiste

en capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados. Por esta razón, resultan imprescindibles para la gestión de datos espaciales, los cuales constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ciencias Ambientales. Entonces, podemos decir que un SIG es un elemento complejo que incluye una serie de otros elementos conectados entre sí, en donde cada uno de ellos lleva a cabo una función específica. Estos elementos son: Los datos, los procesos, la visualización, la tecnología y el factor organizativo.

Ejemplos de las operaciones que permite realizar un SIG:

- Lectura
 - Edición
 - Almacenamiento
 - Gestión
 - Análisis
- 
- de datos espaciales.

Esto puede incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos (la localización de cada valor o elemento) como sobre la componente temática (el valor o el elemento en sí). Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc. (Olaya, 2014).

Desde un punto de vista simplificado, se puede entender a un SIG como la unión de dos ciencias: la geografía y la informática. Visto de esta manera, un SIG es una herramienta informática para ayudar al trabajo en el ámbito geográfico. Esta concepción tan simple dista mucho del concepto real de un SIG, ya que este incorpora elementos de diversas ciencias distintas como pueden ser las siguientes:

Disciplinas relacionadas con la tecnología y el manejo de información

Incluyendo las ciencias de la información, la informática, el diseño de bases de datos o el tratamiento digital de imágenes, entre otras. Muchas de estas, a su vez, derivan de otras o toman importantes elementos de ellas. La estadística o la matemática son algunas de esas ciencias fundamentales.

Disciplinas dedicadas al estudio de la Tierra (desde un punto de vista físico)

La geología, la oceanografía, la ecología, así como todo el conjunto de ciencias medioambientales, forman parte de este grupo.

Disciplinas dedicadas al estudio de la Tierra desde un punto de vista social y humano

En este grupo se incluyen la antropología, la geografía o la sociología, entre otras.

Disciplinas dedicadas al estudio del entendimiento humano

Las ciencias del conocimiento, la psicología en general o las ramas que estudian y desarrollan la Inteligencia Artificial también juegan su papel en el contexto actual de los SIG.

Disciplinas que tradicionalmente han realizado una integración de conocimientos de otros ámbitos distintos

La geografía como tal es la principal representante de este grupo. De esta manera, podemos entender la Ciencia de la Información Geográfica como todo el conjunto de disciplinas y conocimientos que residen tras los SIG, tanto en su desarrollo y creación como en su utilización y aspectos prácticos. Esta ciencia se enmarcaría a su vez dentro de ese último grupo de disciplinas integradoras, llevando más allá la idea de la geografía como área de conocimiento que engloba elementos de muchos otros ámbitos (Olaya, 2014).

2.4.1 Elementos de un SIG

Como se mencionó anteriormente, un SIG está compuesto distintos elementos, pero conectados entre sí. Es habitual llamar a estos elementos como subsistemas, por lo tanto, podemos citar tres subsistemas fundamentales:

Subsistema de datos

Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del SIG. Permite a los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar sus funciones en base a ellos.

Subsistema de visualización y creación cartográfica

Crea representaciones a partir de los datos (mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos. Entre otras, incorpora también las funcionalidades de edición.

Subsistema de análisis.

El subsistema contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos. Dentro de estos, se encuentran los cinco elementos principales de un SIG (figura 2.4—l)

1. **Datos:** Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
2. **Métodos:** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
3. **Software:** Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.
4. **Hardware:** El equipo necesario para ejecutar el software.
5. **Personas:** Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.

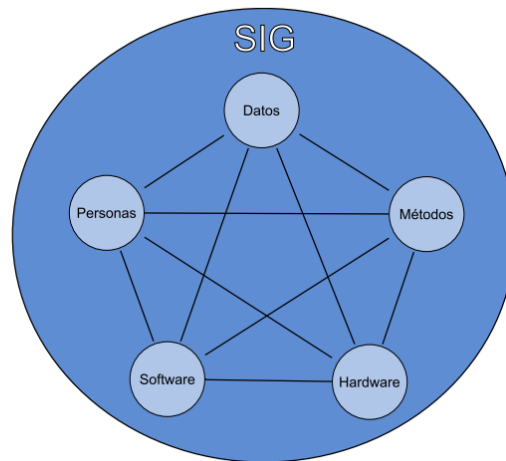


Figura 2.4—l Elementos que componen el sistema SIG. Fuente: Olaya, 2014

2.5 Toma de decisiones

Una decisión es el producto final del proceso mental-cognitivo específico de un individuo (o un grupo de personas), que le permite optar por una de dos o más alternativas. Es la materialización de un proceso de toma de decisiones, que consiste en la reducción de la incertidumbre sobre ciertas alternativas para permitir una elección razonable entre ellas (Fulop et al., 2006).

La complejidad en la toma de decisiones en problemas no estructurados o semiestructurados, viene, a menudo, dada por:

1. Involucrar intereses contrapuestos.
2. Tener elementos de incertidumbre.
3. Involucrar actores muy diversos en la decisión.
4. Poseer elementos fácilmente valorables y elementos difícilmente valorables (en el sentido de valoración económica).

Los casos de procesos de decisión sobre el recurso hídrico, frecuentan la presencia de incertidumbre y posiciones múltiples. Conroy y Peterson, establecieron una serie de soluciones para estos casos, las cuales contemplan los siguientes 3 elementos:

E1) un objetivo,

E2) un conjunto de alternativas de decisión (o rango de acciones) que pueden utilizarse para alcanzar los objetivos,

E3) un modelo de influencia en la decisión que represente nuestras creencias en la forma en que cada alternativa de decisión puede conducir a resultados que cumplan (o no) con el objetivo.

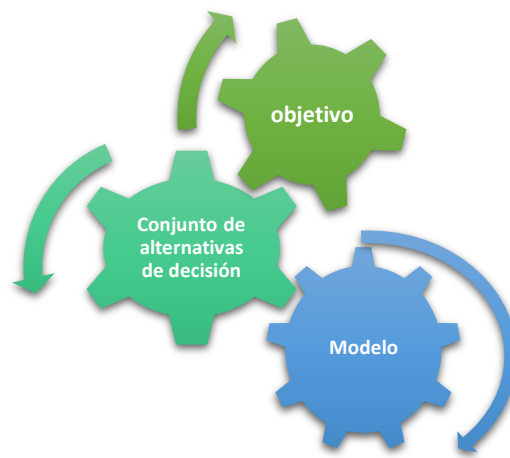


Figura 2.5—1 Los tres elementos de decisión sobre el recurso hídrico. Fuente: propia

Es necesario comprender que la validación de estas decisiones se encuentra en la fundamentación de cada una de las etapas del proceso de decisión.

El premio Nobel de economía en 1978, H. Simon, propuso la estructuración del proceso de toma de decisiones en tres fases principales que se basan esencialmente en la disponibilidad de información acerca de un problema (Castillo Rosas et al., 2015; Barilari, 2020):

- Inteligencia: para la formulación del problema y búsqueda de información trascendente para la solución del mismo.
- Diseño: estructuración y análisis de datos e información que permitan encontrar una solución al problema.
- Selección: la selección de la alternativa satisfactoria.

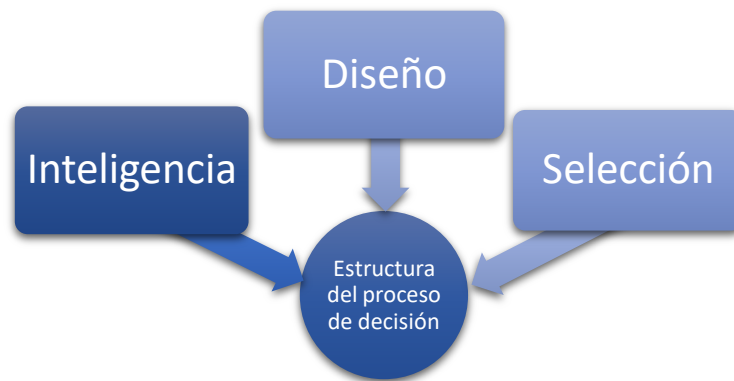


Figura 2.5—II Estructura del proceso de decisión. Fuente: Castillo Rosas et al. (2015)

Voinov et al. (2016) reconocen 5 etapas esenciales en este proceso y plantean la influencia que en ellas tienen las ideas preconcebidas, los sesgos dados por diferentes posiciones ante el problema en cuestión y el sistema de creencias de cada actor (Figura 2.7).

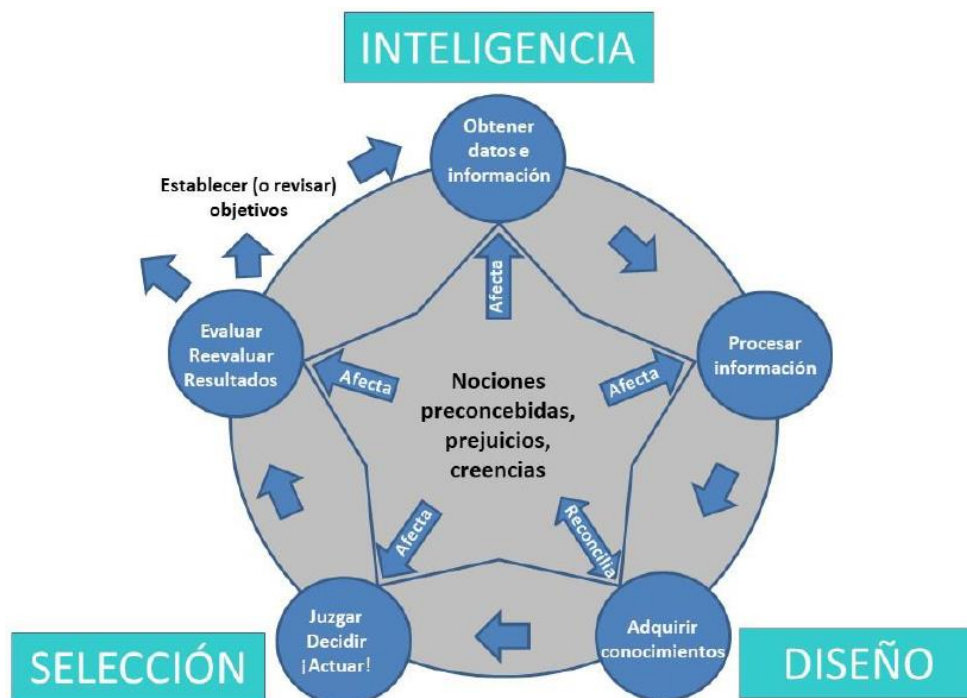


Figura 2.5—III Modelo humano para la ciencia y evaluación de las decisiones. Fuente: modificado de Voinov et al. (2016); Barilari (2020)

2.6 Análisis multicriterio

El análisis multicriterio (MCA) es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones durante el proceso de planificación, que permite integrar diferentes criterios de acuerdo a la opinión de actores en un solo marco de análisis para dar una visión integral (Tobón, 2013).

2.6.1 Aplicaciones

- En procesos de planificación y evaluación.
- En el análisis de diversas alternativas.
- En la definición y negociación de opciones estratégicas de intervención.
- En la contribución a la evaluación de un programa o de una política realizando el balance de sus efectos (ARCGIS, S/E).

2.6.2 Métodos de solución

- ❖ **Ponderación Lineal (scoring):** permite abordar situaciones de incertidumbre o con escaso nivel de información. Se construye una función de valor para cada una de las alternativas. Supone la transitividad de preferencias o la comparabilidad.
- ❖ **Utilidad Multiatributo (MAUT):** Para cada atributo se determina la correspondiente función de utilidad (parcial), y luego se agregan en una función de utilidad multiatributo de forma aditiva o multiplicativa. Al determinarse la utilidad de cada una de las alternativas se consigue una ordenación completa del conjunto finito de alternativas. Utiliza “escalas de intervalo”, y acepta el principio de “preservación de orden” (rank preservation).
- ❖ **Relaciones de Superación:** Estos métodos usan como mecanismo básico el de las comparaciones dos a dos de las alternativas, criterio por criterio. De esta forma puede construirse un coeficiente de concordancia C_{ik} asociado con cada par de alternativas (a_i, a_k) . Existen dos métodos: ELECTRE y PROMETHEE.
- ❖ **Proceso Analítico Jerárquico (AHP - The Analytic Hierarchy Process):** consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico. El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un modelo que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas. Una vez construido el Modelo Jerárquico, se realizan comparaciones por pares entre dichos elementos (criterios-subcriterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual

se desprende. Una vez obtenido el resultado final, el AHP permite llevar a cabo el análisis de sensibilidad del modelo.

2.6.3 Etapas

De la recopilación bibliográfica (Toskano Hurtado, 2005; Ramirez, 2007; Voinov et al., 2016; Barilari, 2020), se pueden resumir las etapas del proceso de toma de decisiones multicriterio de la siguiente manera:

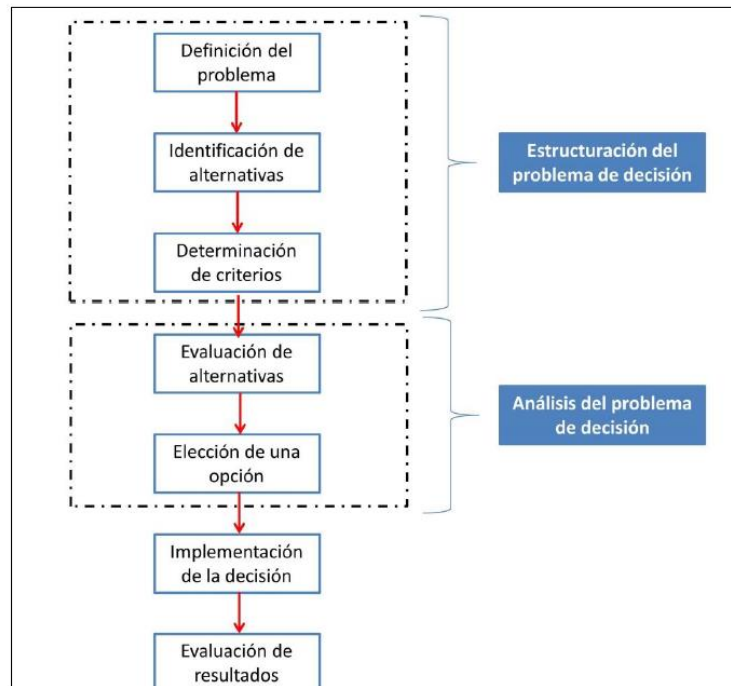


Figura 2.6—1 Etapas del proceso de decisión multicriterio. Fuente: García Cascales, 2009

En donde resulta imprescindible considerar el proceso mediante el cual se adoptó la decisión final para poder concluir o no que la solución fue la mejor posible, teniendo en cuenta la información disponible en el momento y los recursos que entonces se pudieron emplear.

Una decisión ha sido buena siempre y cuando se haya tomado con el mejor procedimiento disponible. De no conocerse como se procedió en su adopción, no se puede afirmar que una decisión ha sido buena. Es la mejor decisión posible si tiene las siguientes características:

- √ Se ha logrado el objetivo que se quería conseguir.
- √ Se ha reunido toda la información relevante.
- √ Se han tenido en cuenta las preferencias del decisor y de otros actores.
- √ El monitoreo de la respuesta es satisfactorio

2.7 Sistema de Apoyo para la Toma de Decisiones (DSS)

Un Sistema de Apoyo a las Decisiones (DSS por sus siglas en inglés Decision Support System), es un sistema informático que sustenta el proceso de toma de decisiones, lo cual implica la utilización de datos y modelos para la generación, la estimación, la evaluación y/o la comparación sistemática de alternativas, ayudando a los responsables de la toma de decisión a reunir inteligencia, generar opciones y tomar decisiones (Turban et. Al, 2010; Janakiraman et. Al, 2006). Por lo tanto, los DSS constituyen una herramienta para tomar decisiones validas, con diferentes enfoques en una amplia gama de actividades. Pueden emplearse para obtener información que revele los elementos destacados de los problemas y las relaciones entre ellos, así como para identificar, crear y comunicar cursos de acción disponibles y alternativas de decisión (Turban, 1995; Sauter, 2011; J. Power, 2005)

2.7.1 Componentes principales de un DSS:

- Gestión de Base de Datos
- Gestión de Dialogo
- Gestión del Modelo
- Gestión de Actores
- Gestión del Conocimiento (no esencial)

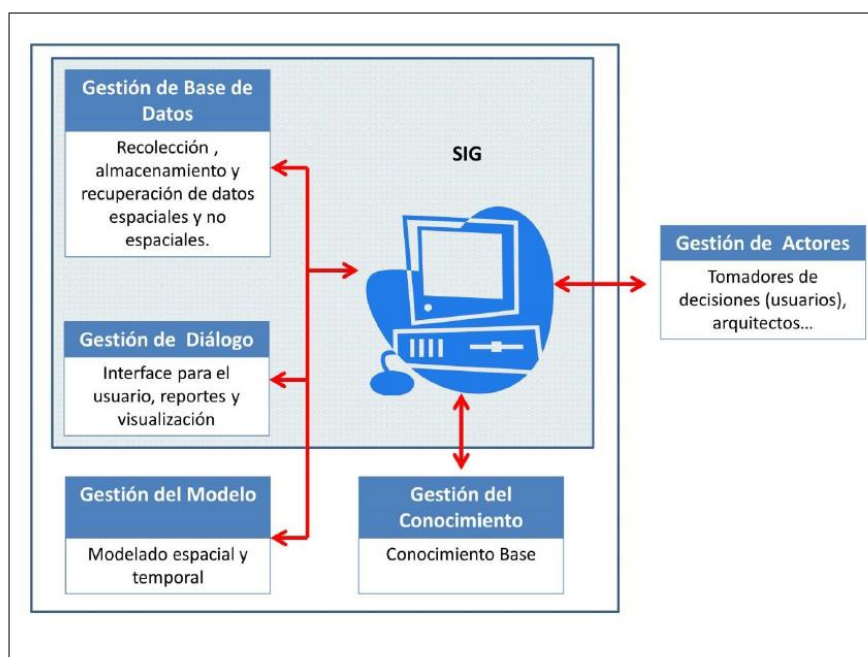


Figura 2.7—I Componentes de un DSS. Fuente: modificado de Sugumaran y DeGroot (2010)

Aunque existen diversos DSS, nos centraremos en aquel que es frecuentemente utilizado para la toma de decisiones en la gestión del recurso hídrico: el análisis multicriterio espacial, el cual consiste en la integración de la técnica de Análisis Multicriterio y un Sistema de Información Geográfica.

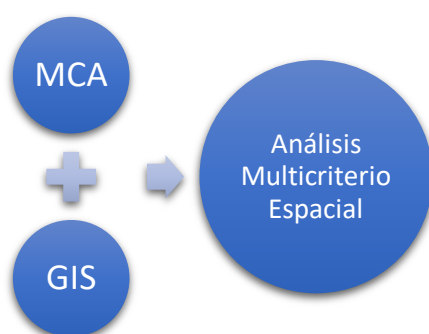


Figura 2.7—II Componentes del análisis multicriterio espacial. Fuente: propia.

2.7.2 Conceptos fundamentales

Según Buzai y Baxendale (2013), son cinco los conceptos fundamentales del análisis espacial:

1. **Localización.** Se refiere a que todas las entidades geográficas y sus correspondientes atributos tienen una ubicación específica en la esfera terrestre; además, esta ubicación puede ser absoluta si la referencia está dada únicamente respecto a esta posición, o relativa si su referencia de ubicación está dada por cualquier otro objeto.
2. **Distribución espacial.** Hace alusión a las semejanzas respecto a cómo se encuentran repartidos objetos del mismo tipo en la superficie terrestre.
3. **Asociación espacial.** Hace referencia a la manera en que se encuentran relacionados objetos de distinta distribución espacial en la superficie terrestre.
4. **Interacción espacial.** Define la estructuración de espacios funcionales a partir de las ubicaciones, distancias y vínculos resultantes de espacios relacionales.
5. **Evolución espacial.** Se refiere a la consideración de la dimensión temporal en los estados cambiantes de las distribuciones espaciales.

2.7.3 Etapas

Luego de definir los conceptos fundamentales, podemos establecer las etapas necesarias para llevar a cabo un AME:

1. Selección de criterios (variables) y definición de factores.
2. Generación de la información cartográfica.
3. Integración de la información en un GIS y obtención del modelo.
4. Validación de los resultados.

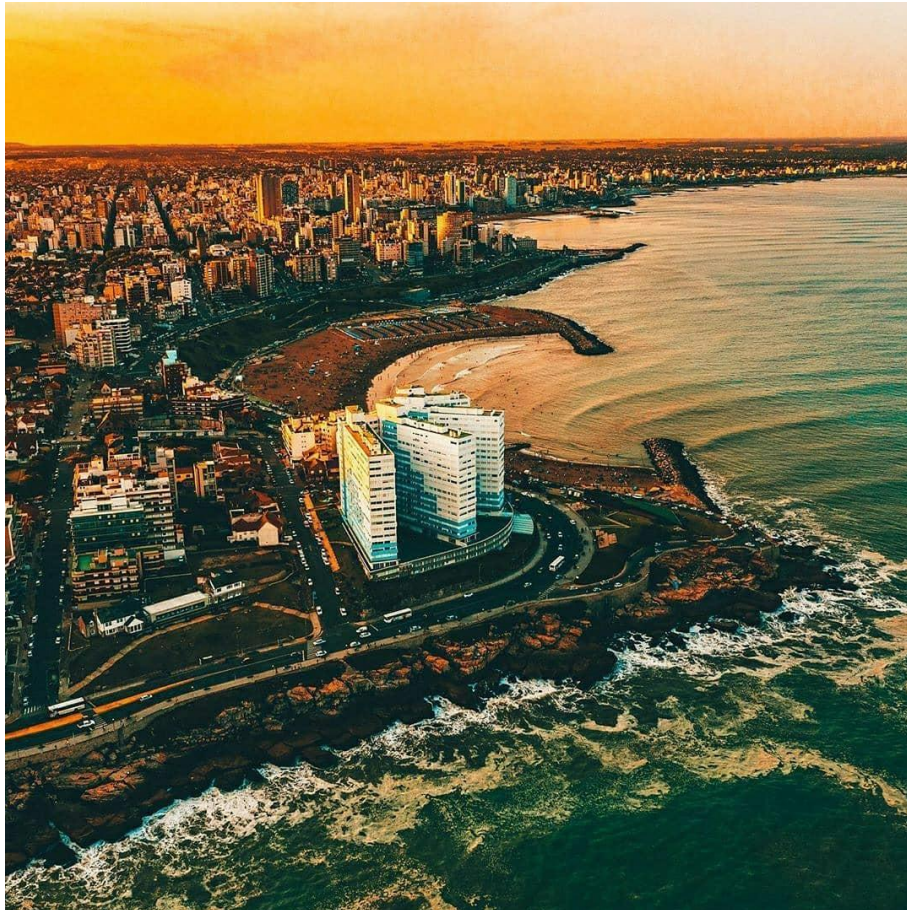


Figura 2.7—III Mapa conceptual correspondiente a los elementos de la evaluación multicriterio espacial (Modificado de Reyes Pizano, 2013)

3 ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Ciudad de Mar del Plata

Mar del Plata, ciudad cabecera del Partido de General Pueyrredón (administrada por una sola gestión municipal), se encuentra sobre el Mar Argentino en la zona S.E de la Provincia de Buenos Aires, en las siguientes coordenadas: 38° 00' latitud sur, 57° 33' longitud Oeste. Posee un importante puerto y balneario y la segunda urbe de turismo más importante del país tras Buenos Aires ya que en época de verano su población puede aumentar un 311%, por lo que cuenta con una gran oferta de infraestructura hotelera. La autovía 2 la enlaza tras 44 km con Buenos Aires y está ubicada a 365 km de la ciudad de La Plata. A su vez, la zona costera de Mar del Plata, se extiende desde el periurbano de la misma hasta las 12 millas desde la línea de costa mar adentro (límite provincial). (Ares et al., 2011)



Mar del Plata. Tomada por @co10eye

3.1.1 Clima

El clima de la región es de tipo “templado-húmedo”, según el esquema de Köppen o del tipo “subhúmedo-húmedo, mesotermal, sin deficiencia de agua”, de acuerdo con el método de Thornthwaite (Burgos y Vidal, 1951). Según el web site oficial del Partido de General Pueyrredón, Mar del Plata, se encuentra bajo la influencia de frentes fríos, provenientes de la Patagonia y frentes cálidos, que suelen ingresar por el norte del país. Por esta razón es que la ciudad se ve afectada por la alternancia de las masas de aire involucradas en cada uno de los frentes citados. A su vez, la temperatura media anual, es de 14°C y las precipitaciones alcanzan los 920 mm anuales. Los meses invernales resultan con menor precipitación, que junto a una menor evaporación, provoca un balance hídrico negativo que se invierte desde octubre hasta marzo. Debido a su proximidad al océano Atlántico, con apertura hacia la llanura pampeana y con un importante frente marítimo, generan que sea un área de gran variabilidad meteorológica.

- Vientos más relevantes: cuadrante N, NO, O y S.
- Velocidad promedio: 21 km/h.

3.1.2 Geología

La región del sudeste de la Provincia de Buenos Aires se caracteriza por un relieve relativamente monótono, en el que sobresale un conjunto de sierras, cerros, cerrilladas y lomas de baja altura (en general menos de 250 metros por encima de la llanura circundante), que se dispone en una franja de ancho variable y que a semejanza de columna vertebral atraviesa el Partido de General Pueyrredón con rumbo noroeste-sudeste, constituyendo la divisoria regional de aguas, a partir de la cual se desarrollan dos vertientes a las que se las ha denominado: norte (N) y sur (S) (Cionchi y Redín, 2004). Las mencionadas sierras, que caracterizan la zona en la cual la ciudad se encuentra, constituyen un sistema de montañas en bloques lo que indica que el levantamiento tectónico no se produjo por plegamiento sino por acción de fallas de alto ángulo. Es este fenómeno el que le confiere a las sierras su típico aspecto de bloques elevados separados por amplios valles y abras espaciosos. La ciudad está edificada sobre esta topografía de bloques, llamados pilares tectónicos que raramente superan los 40 m sobre el nivel del mar, y bloques hundidos, conocidos como fosas tectónicas. Ejemplos: lomas de Colón, Santa Cecilia, Stella Maris, fosa del Casino, etc.

El cuerpo principal de las sierras muestra un aspecto con forma de meseta, con cumbres planas de escasa pendiente. Las sierras se destacan por el marcado predominio de "ortocuarcitas" en su composición geológica y los mayores bloques serranos acompañan, principalmente, la traza de la Ruta Provincial 226.

La ciudad cuenta con 42 km de costa, en la que predominan los acantilados constituidos por sedimentos de limo localizados en las zona norte y sur del Partido; y playas originadas naturalmente entre las formaciones rocosas. Las playas se encuentran en un marcado proceso erosivo debido a la acción del hombre (Witkin, Relieve MGP, 2020).

3.1.3 Hidrografía

Los cursos de agua superficiales en la ciudad carecen de significativa densidad. El PGP no posee ríos pero cuenta con quince cuencas de drenajes constituidas por arroyos. Los cursos de los arroyos están clasificados de acuerdo a un esquema de jerarquización que abarca del primero al quinto orden. Los cursos de agua de primero a tercer orden, corresponden a líneas de drenaje potencial; son cauces transitorios que llevan agua en época de lluvia. Los de cuarto y quinto orden son de régimen permanente. Los arroyos de la vertiente norte son: arroyo Seco, El Cardalito, Las Chacras, que son de quinto orden; Los Cueros, de los Patos, Santa Elena, Camet, La Tapera y Del Barco, que son de cuarto orden y por último el arroyo Del Tigre que es de tercer orden.

Los arroyos de la vertiente sur son: arroyo Chapadmalal de quinto orden; Lobería, Corrientes, Seco y Las Brusquitas de cuarto orden.

La planta urbana de Mar del Plata ocupa en forma total o parcial las cuencas de drenaje de los arroyos La Tapera, El Cardalito, Las Chacras, Del Tigre y Del Barco, de los cuales solo el primero es de régimen permanente, los restantes son de régimen temporario estando todos entubados en la mayor parte de su recorrido (Witkin, Relieve MGP, 2020).

3.1.4 Hidrogeología

El agua subterránea es aquella que se encuentra en el subsuelo y ocupa los espacios intersticiales entre los poros. En un subsuelo como el de la región de Mar del Plata, se presentan dos zonas con características hidrológicas diferentes. Una zona no saturada, en la que los poros del sedimento están ocupados por aire y donde puede haber agua en tránsito; y por debajo, la zona saturada, o acuífero, en la que todos los poros están ocupados por agua. (Massone y Grondona, 2018). Dicha agua subterránea, es el soporte esencial de las diversas actividades que se desarrollan en la zona. Una de ellas, corresponde a la actividad agrícola, la cual depende en gran medida de la disponibilidad y calidad del agua subterránea (Kruse et al. 1993, Campo de Ferreras y Piccolo 2002, Lima et al. 2013).

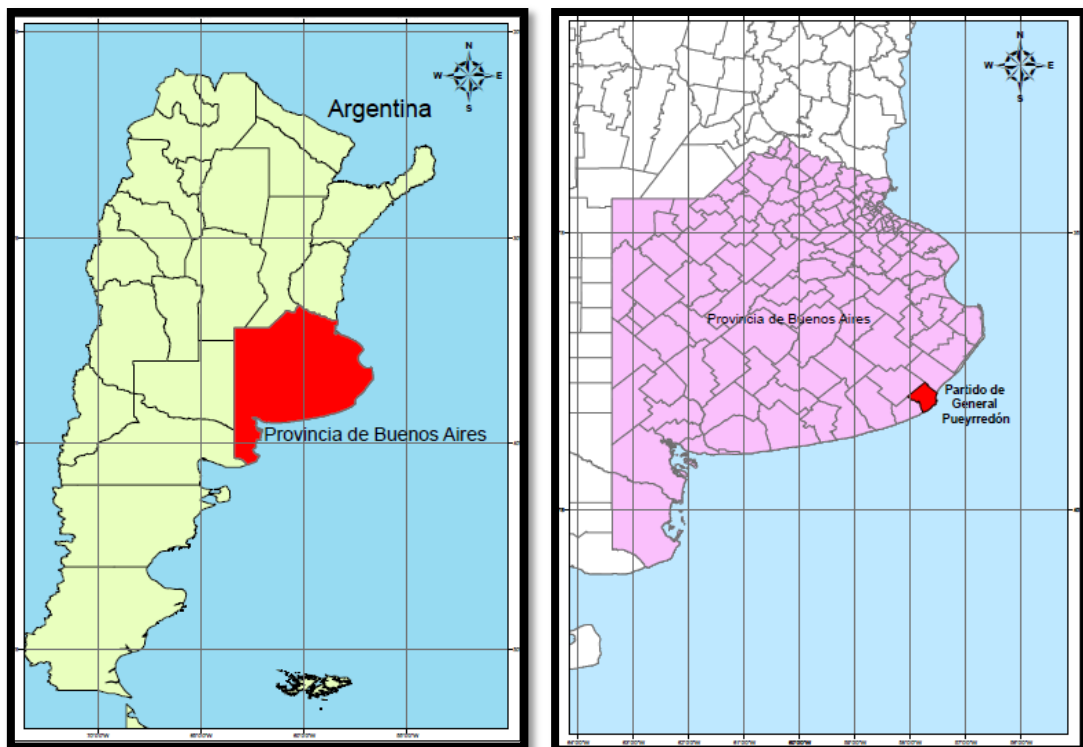
En cuanto al recurso hídrico subterráneo en PGP, es la única fuente de abastecimiento de agua potable para la población. La explotación del acuífero, para la distribución y provisión de agua potable, se lleva a cabo mediante más de 280 pozos distribuidos en 3 grandes sistemas: Sistema Acueducto Norte, Sistema de Impulsión Directa (SID) y Sistema Acueducto Sur (SAS). El acuífero más importante en el sudeste de la provincia de Buenos Aires se conoce con el nombre de Pampeano y consiste en una acumulación de arenas finas y limos. (Massone y Grondona, 2018).

3.1.5 Demografía

En el censo de 2010 realizado en el país, se indicó que en la ciudad de Mar del Plata residían un total de 587.133 personas que representaban el 1,44% de la población total del país o el 3,74% de la población de la Provincia de Buenos Aires. En el año 2013, el INDEC proyectó una población de 610.909 habitantes para 2016 (INDEC, 2013). En cuanto al Partido de General Pueyrredón, su población es de 618.989 habitantes, con una variación intercensal relativa del 9,7 % y su densidad poblacional de 386,3 habitantes por km².

La superficie urbana de Mar del Plata es de aproximadamente 205 km² y posee una densidad poblacional estimada de 2.864,06 hab/km² para 2010 y de 2.980,04 hab/km² según las proyecciones demográficas para 2016. (Mar del Plata Entre Todos, 2018)

Las principales vías de comunicación del Partido con las localidades de la región son: Ruta Nacional 11 Norte y Sur, Ruta Provincial 88, Ruta Provincial 226 y la autovía 2 que une a la ciudad con la Ciudad de Buenos Aires, capital del país de la República Argentina.



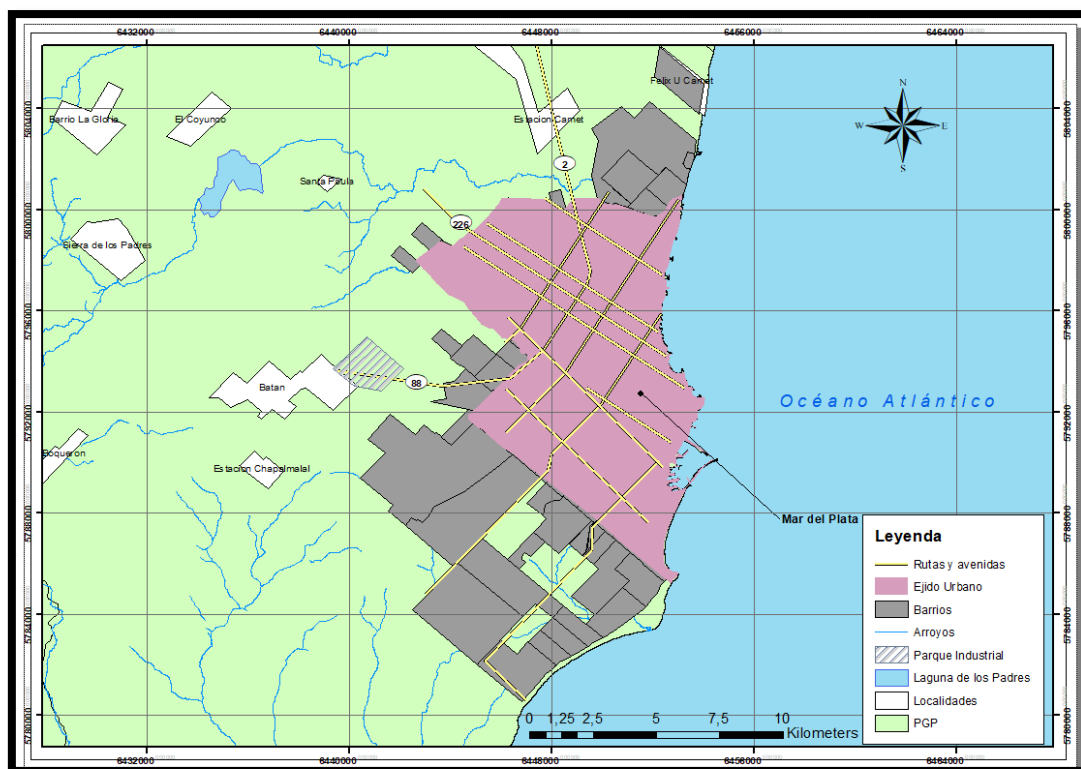


Figura 3.1—I Provincia de Buenos Aires, el Partido de general Pueyrredon y la ciudad de Mar del Plata

3.1.6 Ejido urbano de la ciudad de Mar del Plata

A la hora de hablar del área que representa el ejido urbano de la ciudad, se debe tener en cuenta una serie de criterios que han sido formulados a lo largo del tiempo por distintos organismos.

Uno de los límites originales está dado por el límite ejidal dispuesto por el Código de Ordenamiento Territorial, equivalente a 79,5 km². También está delimitado el sector urbano por la cartografía censal a partir de identificar las unidades espaciales, radios censales, constitutivas del área urbana, por un equivalente de 205 km². Otra delimitación propuesta es la planteada por el Plan de Acción de la ICES, por un equivalente de 136 km². Y finalmente, una propuesta alternativa sería una envolvente urbana equivalente a 116 km² delimitada a partir del criterio de identificar el uso del suelo como ocupado y uso residencial.

La fisonomía de la ciudad se presenta como un área central históricamente consolidada con mayor densidad de población que paulatinamente se convierte, hacia las áreas de borde urbano, en un espacio menos consolidado con menor densidad poblacional y edilicia, mayor dispersión y discontinuidades en la trama urbana como una tendencia “natural” desde el centro hacia la periferia que son características típicas de las ciudades argentinas (Sabuda, 2018).

zonas fueron delimitadas con la ayuda de un gran número de indicadores georreferenciados por fracción censal, para detectar aquellos lugares dentro de la ciudad en donde los contrastes en cuanto a características socioeconómicas, disponibilidad de infraestructura y acceso a servicios eran más marcados. El equipo del Área de Desarrollo y Mantenimiento de OSSE realizó una exhaustiva tarea de relevamiento de indicadores y georreferenciación, que culminó en la confección de un mapa de la ciudad dividido en fracciones censales, con información estadística sobre población, pobreza, salud, educación, vivienda, seguridad ciudadana, turismo, comercio, industria, provisión de servicios, agricultura y ganadería para cada fracción censal.

Un total de 46 indicadores fueron georreferenciados en el mapa de la ciudad. Un primer análisis de todos los indicadores georreferenciados por fracción censal permitió delimitar 3 zonas claramente definidas:

- la zona costera (Centro),
- centro fundacional de la ciudad, de mayor nivel económico y mejores indicadores;
- una gran zona intermedia que bordea la anterior (Anillo 1) y,
- una zona periférica con mayores carencias de infraestructura y servicios básicos (Anillo 2). Una profundización del análisis permitió la identificación, dentro de la zona periférica o Anillo 2, de cuatro zonas críticas: una al norte (Las Dalias/Alto Camet), dos al oeste (Herradura Noroeste y Belgrano) y una al sur (Del Barco).

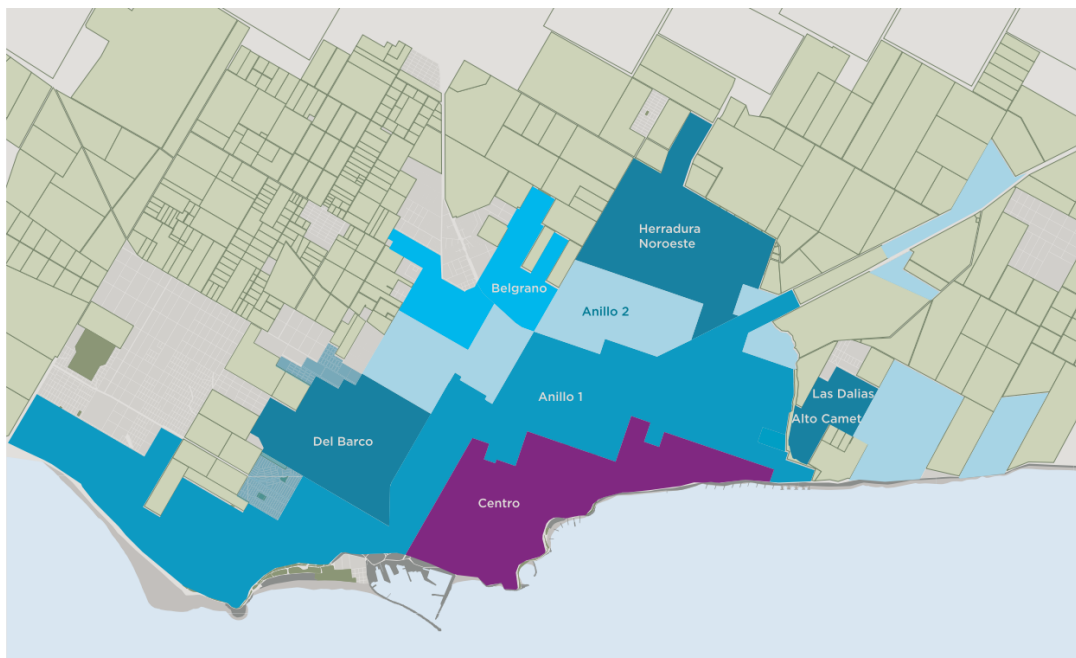


Figura 3.2—I Las 7 zonas de la ciudad, establecidas por el Plan de Acción MGP-BID. Fuente: MdP Entre Todos 2018

Cabe destacar que en este Proyecto final no reevalúan los 46 indicadores generados por el BID, sino que se realizará un estudio para determinar las zonas que requieran de manera prioritaria, una gestión de los recursos hídricos (MGP/BID, 2013).

3.3 Gestión del agua en la ciudad de Mar del Plata

OBRAS SANITARIAS SOCIEDAD ESTADO (O.S.S.E.)

Como se mencionó en la introducción, la gestión del recurso hídrico en la ciudad de Mar del Plata está a cargo de OSSE.

Historia

Durante el año 1913, comienza a operarse el sistema de saneamiento en la ciudad, el cual estuvo a cargo de Obras Sanitarias de la Nación (OSN). Luego fue ejecutado por la Dirección de Obras Sanitarias de la Provincia (DOSBA) y posteriormente por el Instituto Municipal de Desarrollo Urbano (IMDUR).

Finalmente, en 1984, el sistema pasa a ser ejecutado por Obras Sanitarias Sociedad Estado (O.S.S.E.), creada como empresa municipal de capital totalmente público, bajo la Ordenanza N°7446 del Concejo Deliberante de la Municipalidad de Gral. Pueyrredón, en donde el mismo Honorable Consejo Deliberante es su único accionista como representante de la comunidad.

La duración de la Sociedad es de (100) años, contados a partir del 3 de septiembre de 1984, pudiendo ser prorrogada por la Municipalidad.

Función

Según el artículo N°4 de la ordenanza N°7446, la Sociedad tiene como objeto “[...] la prestación, administración, explotación, mantenimiento, control, ampliación, renovación, construcción, estudios, investigación y aplicación de nuevas tecnologías de los servicios de provisión de agua potable, desagües domiciliarios, cloacales, industriales y/o de cualquier otro carácter y en general de saneamiento básico en el Partido de General Pueyrredón, así como la explotación, captación y utilización de las aguas destinadas a tal fin.

En cuanto los desagües pluviales tendrán a su cargo únicamente el mantenimiento, limpieza periódica de bocas de tormenta y desobstrucción del sistema en el ejido urbano. Podrá celebrar convenios específicos con Municipalidades, Consorcios, Cooperativas o Asociaciones de usuarios y otros organismos públicos o privados, nacionales, provinciales o extranjeros, previa aprobación de la Asamblea” (MGP/OSSE, 2021).

En 2016 la empresa explotaba el acuífero mediante la operación de 186 pozos, distribuidos en el Sistema Acueducto Norte (SAN, 102 pozos), el Sistema de Acueducto Sur (SAS, 27 pozos) y el Sistema de Impulsión Directa (SID, 57 pozos) en el área urbana que abastece directamente a la red de distribución (Figura 3.2). El caudal promedio por pozo ha variado en el tiempo, oscilando entre 55 m³/h en la década de 1950, 59 m³/h en el periodo 1970-90 y unos 45 m³/h en 2008. No obstante estas variaciones, la evolución de los caudales totales anuales ha tenido lógicamente una tendencia creciente acorde al número de pozos de explotación (Bocanegra, 2008). Vale agregar que en 2019 se inició la perforación de los primeros pozos del nuevo Sistema Acueducto Oeste (SAO) y está en estudio una nueva área de bombeo que integraría el denominado Sistema Acueducto Austral (Barilari, 2020)

Sistemas

Red de agua potable

La población con agua potable es del 97 %, con un radio servido de agua de 2.288,52 km de conductos. Lo que resulta en una producción anual promedio de agua de 139.000.000 m³.

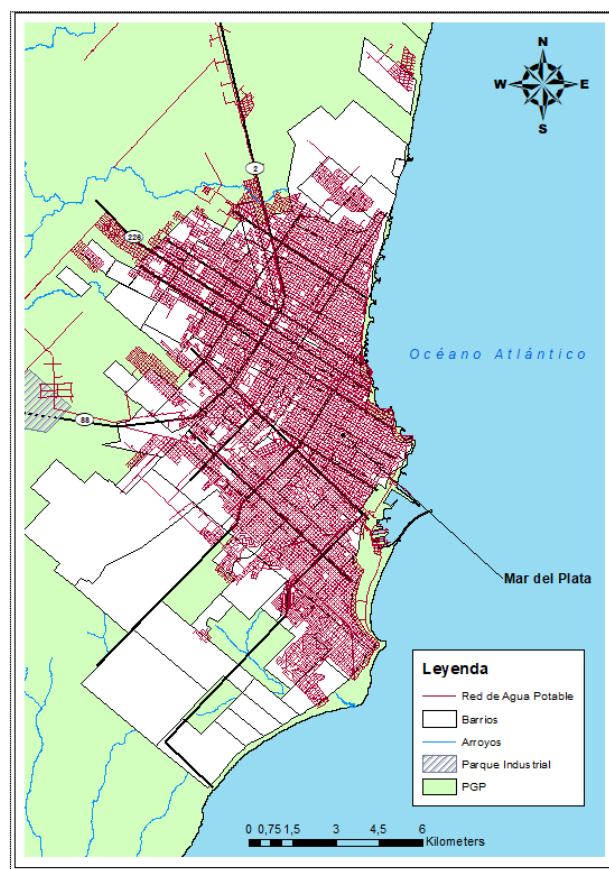


Figura 3.3—I Red de Agua Potable. Fuente: propia

Saneamiento

El radio servido de cloaca es del 97% del ejido urbano. Dicha red posee un sistema gravitacional. En cuanto a las estaciones de bombeo, estas se encuentran en puntos bajos de la ciudad en donde reciben los líquidos cloacales que acuden por gravedad desde las distintas cuencas. Su función consiste en elevar por impulsión los líquidos a los colectores máximos. Actualmente existen 4 colectores máximos y 14 estaciones elevadoras.

En el mes de marzo del año 2015 se finalizó la construcción del Emisario Submarino, que permite impulsar y descargar los efluentes provenientes del pretratamiento mar adentro, a través de una cañería sumergida bajo el nivel del mar, de 4120 metros de largo y 2 metros de diámetro. La descarga se realiza a través de 90 puntos difusores ubicados en los últimos 500 metros de cañería. Para complementar con el Emisario, en 2017 se completó la construcción de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) que lleva a cabo la extracción y la gestión de sólidos, arenas, grasas y aceites procedentes de los conductos cloacales antes de que el mencionado emisario submarino realice la descarga al mar. La planta está diseñada para tratar los efluentes de 1.800.000 habitantes, es decir tres veces más que la población actual. (Barilari, 2020)

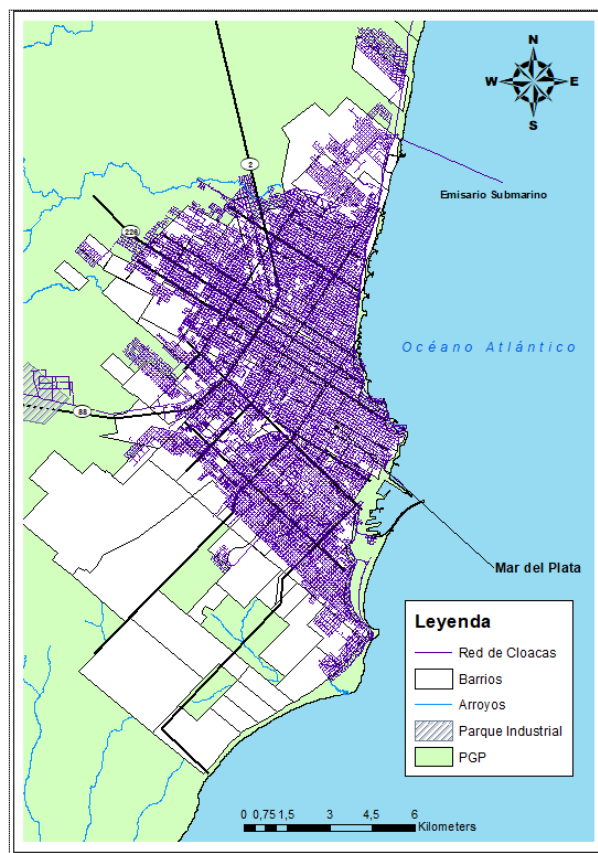


Figura 3.3—II Red Cloacal. Fuente: propia

Red pluvial

Dentro del ejido urbano, las aguas provenientes de lluvias, se captan de manera superficial, en donde escurren hacia distintas cuencas geográficas e hidráulicas.

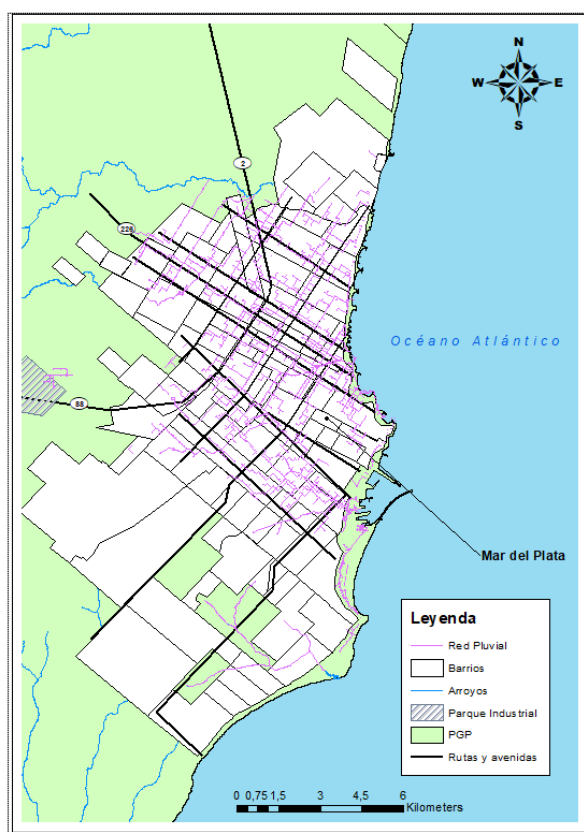


Figura 3.3—III Red Pluvial. Fuente: propia

3.4 Descripción de la distribución del recurso en la ciudad

Dentro y fuera del ejido, las viviendas particulares poseen tanques de acopio de agua de red para asegurarse el abastecimiento diario; a diferencia de algunas fincas agropecuarias fuera del ejido, que poseen sistemas de almacenamiento en tanques con agua de pozo.

OSSE, posee distintos sistemas de almacenamiento de agua distribuidos en la ciudad para facilitar el abastecimiento a los distintos barrios. Los usos del agua de red en la zona son: uso doméstico, irrigación de jardines, lavado de autos, industrial, procesadora de productos marinos, recreación (balnearios, piscinas y spas, clubes deportivos), servicios municipales, entre otros.

En general, la población cercana al centro de la ciudad, recibe un suministro constante mientras que la población de barrios periféricos (que poseen conexión a la red) suelen sufrir cortes en el suministro en la temporada de verano, cuando el consumo se incrementa ampliamente debido a la presencia de turistas.

En sectores de la ciudad carentes de conexión, se suelen abastecer con agua de pozo, como lo es la zona alta de la cuenca ubicada fuera del ejido urbano, donde se encuentra el cinturón hortícola. Las actividades desarrolladas esta zona no influyen en la cantidad de recurso que queda disponible para la zona baja de la cuenca, ni para aquellas aledañas en el trayecto de la corriente; pero si influye en la calidad de la misma. Esto es, principalmente, debido al uso de agroquímicos. Además, existen dos agravantes para esta zona. La primera referida al agua para consumo humano, que en algunos casos, se extrae de pozos realizados por personal no autorizado no matriculado, que no reúnen los requisitos en cuanto a profundidad y distancia de las cámaras sépticas o corrales de animales ni reciben tratamiento de purificación previo al consumo. Y la segunda, se refiere a el contenido de sales del agua y coliformes que hacen que la misma no sea apta para riego, lo cual ciertas veces no se respeta.

El sistema de riego de las fincas agropecuarias emplea agua subterránea proveniente de perforaciones de 80 a 100 m de profundidad que alimentan de 50 a 60 ha.

Los pozos de extracción de agua se encuentran en la parte baja de la cuenca. El costo anual de electricidad referido a la operación de los pozos en 2014 fue de \$ 133.588,00 y el de mantenimiento (personal, transporte y reparaciones) \$ 63.679,00. Los pozos no pagan impuestos y si los hay, están incluidos en esos valores (Massone et al., 2017).

4 METODOLOGÍA

4.1 Introducción

La metodología de este trabajo se basó en la digitalización y recopilación de información necesaria para poder desarrollar una herramienta de toma de decisiones (MCA) en base a un objetivo, lo que implicó la valoración de criterios y subcriterios por parte de stakeholders expertos en el área de recursos hídricos. Los mismos se nombran a continuación:

- ▶ Grupo de investigación Recursos Hídricos, Universidad FASTA, Facultad de Ingeniería,
- ▶ Autoridad del Agua (ADA),

- ▶ Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario en conjunción con el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP-IGCYC-IIMYC),
- ▶ Instituto del Hábitat y del Ambiente, Facultad de Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP-IHA), y
- ▶ el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Luego se procedió al diseño y posteriormente a la ejecución de modelo de toma de decisiones mediante el software Critérium Decision Plus 4 (CDP) y los resultados se digitalizaron para poder generar datos espaciales y concluir con el objetivo de el Proyecto final "Priorizar áreas dentro del ejido urbano con necesidad de gestión del recurso hídrico en donde no se utiliza la línea ejidal de manera estricta sino que puede abarcar fracciones que la sobrepasa, ya que de todos modos siempre nos referimos a las 7 zonas de la ciudad establecidas en el Plan director de Mar del Plata Sostenible (BID, 2013).

En este Proyecto final, para las fases de valoración y priorización se utilizó el método directo de ponderación de los criterios y subcriterios a través de cuestionarios y el método SMART para evaluar los ratings de cada subcriterio con la función valor, (el cual se detallará más adelante) dado que la experiencia indica que es más práctico para trabajar con criterios (que pueden ser modificados) y con datos cuantitativos. (InfoHarvest, 1999).

El modelo multicriterio resultante de este Proyecto final, se desarrolló en el marco del Proyecto "*Desarrollo de una herramienta de soporte o la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos en el partido de General Pueyrredon*" de la Facultad de Ingeniería de la Universidad FASTA (con investigadores de UFASTA; UNMdP y CONICET) y con la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA) como entidad adoptante.

4.2 Procedimientos



Figura 4.2—I Procedimiento completo realizado para la obtención de resultados.

4.2.1 Digitalización de información

Como paso inicial de este trabajo, se digitalizaron las 7 zonas de la ciudad establecidas en el Plan director de Mar del Plata Sostenible (BID) utilizando el software ArcGIS 10.5 (ESRI, 2019) a la vez que se recopiló la información necesaria para definir los criterios, subcriterios y alternativas, indispensables para poder ejecutar un modelo de toma de decisiones. Dichas zonas se utilizaron como alternativas para el modelo.

4.2.2 Selección de criterios, subcriterios y alternativas

Para analizar y estructurar mejor un proceso de toma de decisiones multicriterio, se deben tener en cuenta tres conceptos clave: el objetivo, los criterios y las alternativas.

- El objetivo se refiere a aquellas aspiraciones que se desean alcanzar, la demanda de un actor, cubrir una necesidad, etc.
- Los criterios de decisión pueden definirse como las condiciones o parámetros que permiten discriminar alternativas y establecer preferencias del decisor, son elementos de referencia en base a los cuales se realiza la decisión y pueden estar conformados por subcriterios.
- Las alternativas son los diferentes enfoques para la resolución del problema y se definen como el conjunto finito de soluciones, estrategias, acciones, decisiones posibles que hay que analizar durante el proceso de resolución del problema de decisión que se considere (Muñoz Medina y Romana García, 2016).

Por lo tanto, en una primera instancia, se seleccionaron los posibles criterios y subcriterios a tener en cuenta para lograr el objetivo planteado y luego se debatieron con los

expertos en la temática pertenecientes al grupo de investigación Recursos Hídricos, de la facultad de ingeniería de la Universidad FASTA, con la finalidad de descartar aquellos datos irrelevantes e incorporar solo aquellos que añadan valor al Proyecto final. De esta manera se llegaron a definir todos los criterios y subcriterios que serían utilizados. Una vez definidos, se procedió a generar y recopilar la información faltante.

A continuación, se muestra el esquema final utilizado:

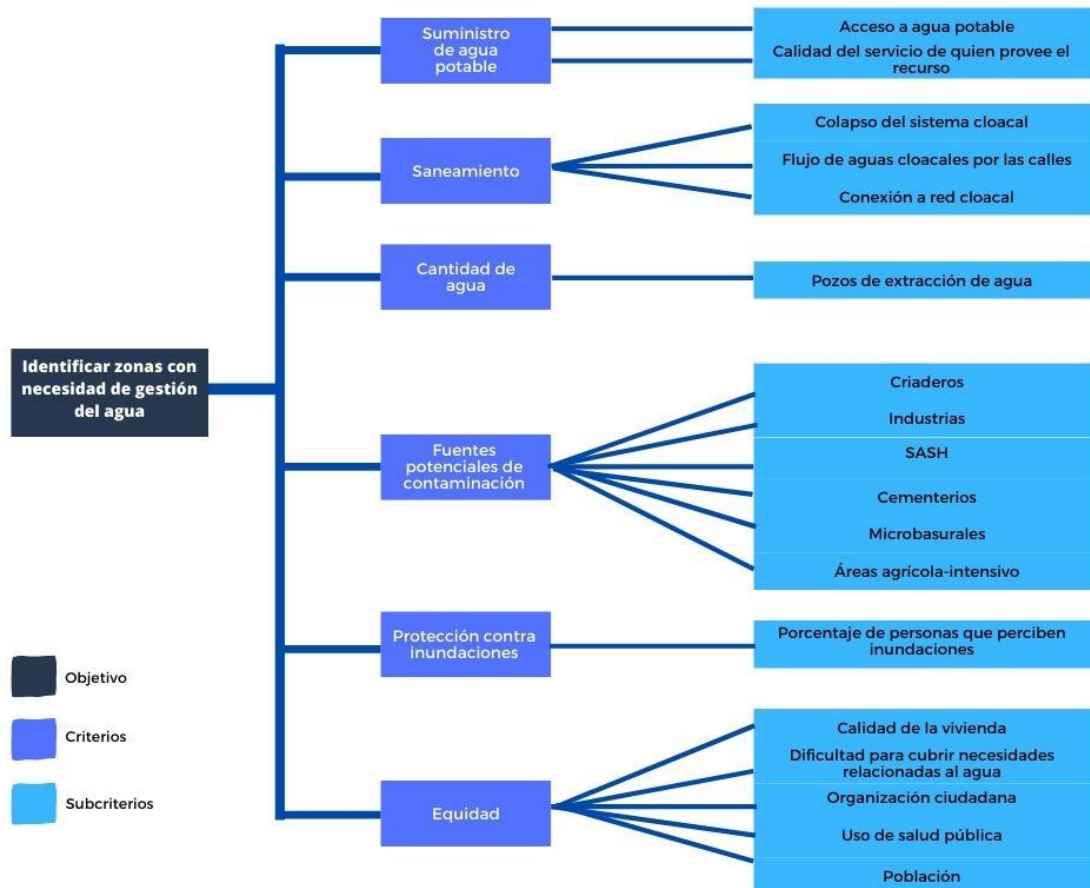


Figura 4.2—II Objetivo, criterios y subcriterios seleccionados.

4.2.2.1 Descripción y fuente de los subcriterios

A continuación, se expone información relevante para cada subcriterio:

Tabla I Descripción de subcriterios y sus respectivas fuentes.

Criterios	Subcriterios	Descripción	Fuente
Suministro de agua potable	Acceso a agua potable	Fracción de las viviendas encuestadas, pertenecientes a cada una de las zonas de la ciudad estudiadas, que actualmente pueden utilizar agua potable	-Mar del Plata Entre todos, Segundo Informe, 2018.
	Calidad del servicio de	Grado de satisfacción ciudadana percibida en cada una de las zonas estudiadas respecto a la calidad del	-Mar del Plata Entre todos, Segundo Informe -Mar del Plata Entre Todos:

	quien provee el recurso	servicio de OSSE	Encuesta de Percepción Ciudadana 2015. "Agua, Drenaje y Saneamiento"
Saneamiento	Colapso del sistema cloacal	Porcentaje de encuestados que tuvieron desbordes del sistema cloacal, por zonas	-Mar del Plata Entre todos: Encuesta de Percepción Ciudadana 2015. "Agua, Drenaje y Saneamiento" - Mar del Plata Entre todos, Segundo Informe, 2018.
	Flujo de aguas cloacales por las calles	Porcentaje de encuestados por zona, que percibieron flujos de aguas cloacales corriendo por las calles	-Mar del Plata Entre todos: Encuesta de Percepción Ciudadana 2015. "Agua, Drenaje y Saneamiento"
	Conexión a la red cloacal	Porcentaje de encuestados con conexión a la red cloacal, por zonas	-Mar del Plata Entre todos, Segundo Informe, 2018.
Cantidad de agua	Pozos de extracción de agua	Número de pozos y sus respectivos caudales por zona	-Pozos de abastecimiento público con caudal en 2016, OSSE.
Fuentes potenciales de contaminación	Criaderos	Número de criaderos identificados por zona	-SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria)
	Industrias	Número de industrias identificadas en la ciudad.	-EMSUR (Ente Municipal de Servicios Urbanos) -Municipalidad de General Pueyrredón (MGP) -Sistema ADA- GIS (Autoridad del Agua Provincia de Buenos Aires)
	Sistemas de almacenamiento subterráneo de hidrocarburos (SASH)	Cantidad de tanques enterrados en la ciudad.	-ADA (Autoridad del Agua Provincia de Buenos Aires). -MGP, datos abiertos. -Google Maps
	Cementerios	Cantidad de cementerios por zona.	-Mapa catastral del Partido de General Pueyrredón
	Microbasurales	Cantidad de microbasurales que se generan en forma recurrente en áreas sin servicio de recolección de montículos.	-Mar del Plata Entre todos, Segundo Informe, 2018.
	Áreas agrícola intensivo	Áreas en las que se desarrolla la actividad agrícola intensiva en la ciudad. Parte de ellas se superpone con las zonas bajo estudio	-Grupo Recursos Hídricos UFASTA, FI
Protección contra inundaciones	Porcentaje de personas que perciben inundaciones	Porcentaje de viviendas encuestadas por zona, que indican la frecuencia de inundaciones ocurridas durante el último periodo de obtención de datos (2016)	-Mar del Plata Entre todos, Segundo Informe, 2018. -Plan director MDP/BID 2013 -Mar del Plata Entre todos: Encuesta de Percepción Ciudadana 2015. "Agua,

			Drenaje y Saneamiento”
Equidad	Calidad de la vivienda	Grado de satisfacción de las personas encuestadas por zona en cuanto a la calidad de la vivienda donde residen	-Mar del Plata Entre todos, Segundo Informe
	Dificultad para cubrir necesidades	Porcentaje de los encuestados por zonas, que describe la dificultad para afrontar los costos de servicios relacionados al recurso hídrico	-Mar del Plata Entre todos: Encuesta de Percepción Ciudadana 2015. “Inequidad Urbana”
	Organización ciudadana	Sitios que brinden atención y soporte a la ciudadanía. Asociaciones y Sociedades de fomento	-Google Maps
	Uso de salud pública	Fracción de los encuestados por zonas, que utilizan el servicio de salud pública	-Mar del Plata Entre todos: Encuesta de Percepción Ciudadana 2015. “Salud”
	Población	Número de habitantes por zona	-Mar del Plata Entre todos, Segundo Informe, 2018.

4.2.2.2 Suministro de Agua Potable

4.2.2.2.1 Acceso a agua potable

Como ya se mencionó en la introducción a este trabajo, según OSSE, el Municipio de General Pueyrredon cuenta con 290.175 hogares con conexiones domiciliarias de agua por red, lo que arroja un porcentaje del 97% del total de hogares del municipio, lo que equivale a 139.000.000 m³ de producción anual y 2.288,52 Km de conductos. (ver figura 3.3-I del mapa de conexión a agua potable)

Como se puede ver en la tabla II, los resultados obtenidos mediante las encuestas de MdP Entre Todos, arrojan que las zonas 1, 2 y 5 son las más beneficiadas. Mientras que las zonas 4 y 6, resultan las de menor alcance.

Tabla II Zonas con conexión a la red de agua potable.

Zonas	Zonas con conexión a la red de agua potable
Zona 1	90-95%
Zona 2	90-95%
Zona 3	70-80%
Zona 4	<60%
Zona 5	90-95%
Zona 6	<60%

Zona 7	80-90%
--------	--------

4.2.2.2.2 Calidad del servicio de quien provee el recurso

La calidad del servicio se resume a la buena o mala presión del agua, lo que puede generar variaciones en el suministro, como también al tiempo de respuesta de la empresa para la solución de problemas.

Según los encuestados, se percibe una peor calidad del servicio desde el punto de vista de una disminución importante en la presión del suministro principalmente en temporada de verano, en donde miles de turistas suelen vacacionar en la ciudad, lo que incrementa el consumo de agua en los horarios pico.

Se observa que aunque la cobertura de la red de agua es alta, solo un 70 % de los encuestados considera que el servicio es “bueno” (tabla III), y aunque no se tomará el dato de la temporada de verano, se observa que este porcentaje se reduce al 55% durante la misma. La calificación acerca de la calidad del servicio es mayor en la zona macrocentro y hacia el noroeste de la ciudad (Mar del Plata Entre Todos, 2018).

Tabla III Grado de satisfacción de los ciudadanos acerca del servicio de OSSE.

Zonas	Calidad del servicio de quien provee el recurso (grado de satisfacción)
Zona 1	80-90%
Zona 2	70-80%
Zona 3	70-80%
Zona 4	<60%
Zona 5	90-95%
Zona 6	60-70%
Zona 7	60-70%

4.2.2.3 Saneamiento

4.2.2.3.1 Colapso del sistema cloacal

Corresponde al desborde de la red del alcantarillado sanitario, el cual suele producirse por presencia de residuos en las calles. Cuando precipita en estas condiciones, los residuos son acarreados a la red, en donde generan amontonamientos y obstrucciones en la misma, provocando desbordes de fluido. En este caso, (tabla IV) se consideran aquellos desbordes pequeños que ocurren con frecuencia y pueden llegar a generar

cuerpos de aguas estancadas cercanos al alcantarillado saturado y a depresiones topográficas.

Tabla IV Porcentaje de ciudadanos que perciben colapsos en el sistema cloacal

Zonas	Colapso del sistema cloacal
Zona 1	<10%
Zona 2	<10%
Zona 3	10-20%
Zona 4	10-20%
Zona 5	hasta 22%
Zona 6	<10%
Zona 7	10-20%

4.2.2.3.2 Flujo de aguas cloacales por las calles

En algunas zonas, los desbordes cloacales pueden ser de tales dimensiones que generan un movimiento de fluido por las calles, lo que provoca un aumento del radio de la zona damnificada y problemas mayores de saneamiento. Esta situación arroja distintos valores que el subcriterio anterior (tabla V).

Tabla V Porcentaje de ciudadanos que perciben flujo de aguas cloacales.

Zonas	Flujo de aguas cloacales por las calles
Zona 1	4%
Zona 2	12,10%
Zona 3	11%
Zona 4	19,50%
Zona 5	4%
Zona 6	6,50%
Zona 7	9,30%

4.2.2.3.3 Conexión a la red cloacal

Como se mencionó anteriormente, la empresa OSSE declara que el 97% de los hogares poseen acceso a servicio de saneamiento cloacal.

En los datos arrojados (tabla VI) se observa que la mayor cantidad de conexiones se presentan en el centro de la ciudad y disminuyen hacia las zonas periurbanas (Mar del Plata Entre Todos, 2018).

Tabla VI Personas con conexión a la red cloacal.

Zonas	Conexión a red cloacal
Zona 1	90-99%
Zona 2	90-99%
Zona 3	70-80%
Zona 4	80-90%
Zona 5	90-99%
Zona 6	80-90%
Zona 7	80-90%

4.2.2.4 Cantidad de agua

4.2.2.4.1 Pozos de extracción

Se identificaron 180 pozos de extracción en el partido, distribuidos principalmente en la zona norte (figura 4.2—III). Luego, contrastando la ubicación de los mismos con las zonas de estudios, se determinaron los siguientes caudales:

Tabla VII Pozos de extracción activos con sus respectivos caudales

Zonas	Pozos de extracción	Caudal (m ³ /h)
Zona 1	0	0
Zona 2	9	420,11723
Zona 3	22	1204,85822
Zona 4	0	0
Zona 5	17	1055,823702
Zona 6	9	533,869756
Zona 7	0	0

Resulta importante conocer los caudales de extracción por zona para tener una dimensión acerca del consumo de agua por hora contrastado con la recarga del acuífero y los caudales críticos de extracción.

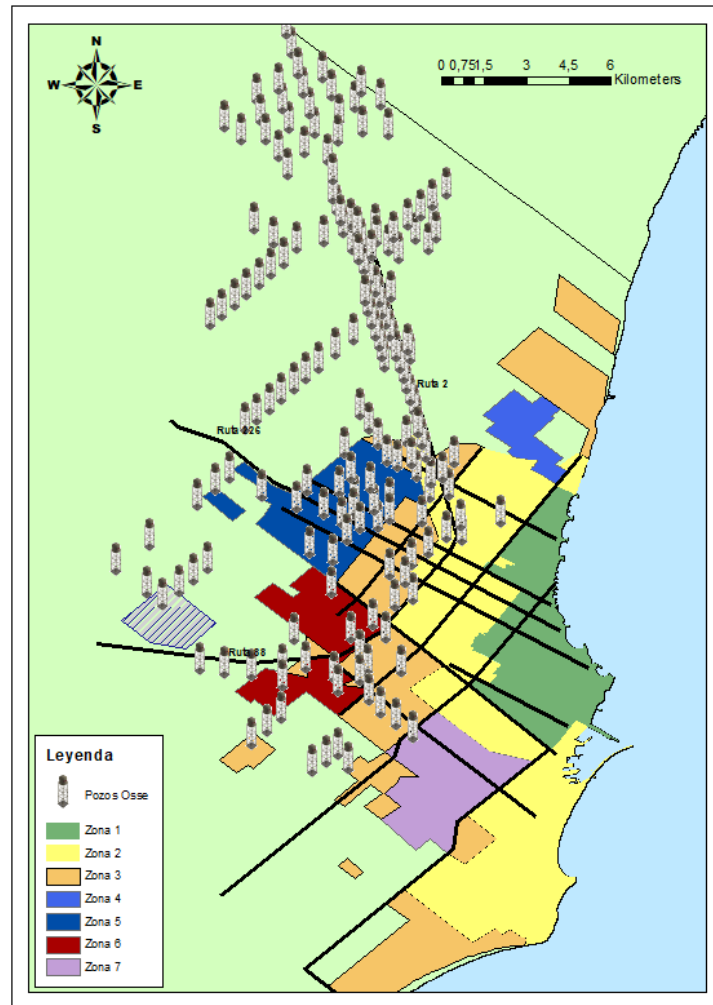


Figura 4.2—III Ubicación de los pozos de extracción de OSSE. Fuente: elaboración propia a partir de datos del Grupo Recursos Hídricos, de la Universidad FASTA.

4.2.2.5 Fuentes puntuales de contaminación

4.2.2.5.1 Criaderos

Comprende aquellos establecimientos de cría intensiva de aves, porcinos, y otros. Se considera esta fuente debido a la falta de impermeabilización de sus suelos (lo cual favorece la infiltración) y la gran cantidad de residuos orgánicos que generan por superficie (Barilari, 2020). En general, si existe contaminación de cuerpos superficiales de agua por las excretas, esta se manifiesta por la presencia de amonio y sulfatos. Como es sabido en el campo de las ciencias ambientales, el exceso de nutrientes favorece al crecimiento desmedido de las algas generando un agotamiento del O₂ disuelto, lo que favorece a la proliferación de larvas de insectos nocivos, y hasta puede ocurrir la eutroficación de los cuerpos de agua.

De 51 los criaderos identificados en el partido, solo dos se encuentran dentro de las zonas de estudio: uno en la zona 3 y otro en la zona 6.

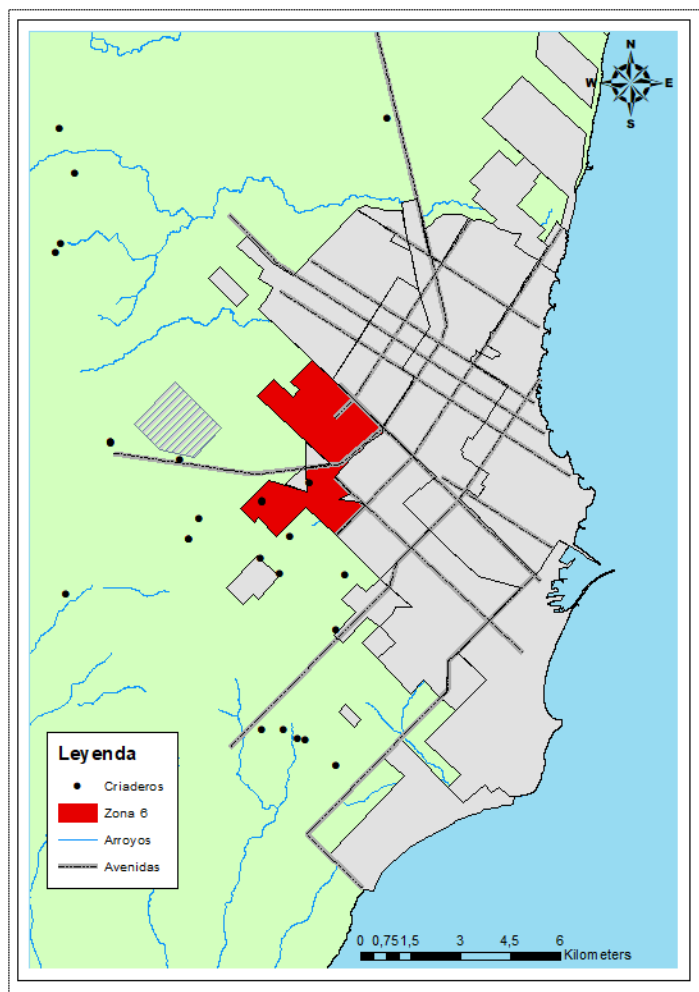


Figura 4.2—IV Criaderos y el área de estudio. Fuente: propia

Como podemos ver en la figura 4.2—III, a pesar de que solo dos criaderos se encuentran en el área de estudio, hay muchos de ellos rodeando la zona 3, 6 y en menor medida, la zona 7, lo cual es importante tener en cuenta para futuros estudios más amplios.

4.2.2.5.2 Industrias

Para esta fuente, se identificaron 475 industrias de diferentes rubros: el 54% se dedica a la producción de alimentos.

Otros campos industriales importantes son: industrias metalúrgicas, carpinterías e industrias textiles. Cabe destacar que el 92% de las mismas están conectadas a la red cloacal, mientras que el 0,5% cuenta con lagunas de tratamiento y el resto descarga su efluente a pozos ciegos (Barilari, 2020). Se considera como fuente potencial de contaminación debido a los efluentes industriales, emisiones de gases y residuos que puedan generar. Aunque la mayoría de las empresas están reguladas siempre se deben tener en cuenta los riesgos que implica la presencia de industrias en zonas urbanas.

De las empresas que descargan sus efluentes en pozos ciegos, la mayoría se encuentran en zonas fuera del área de estudio, mientras que pocas de ellas se encuentran por el acceso de la ruta 88 al área de estudio.

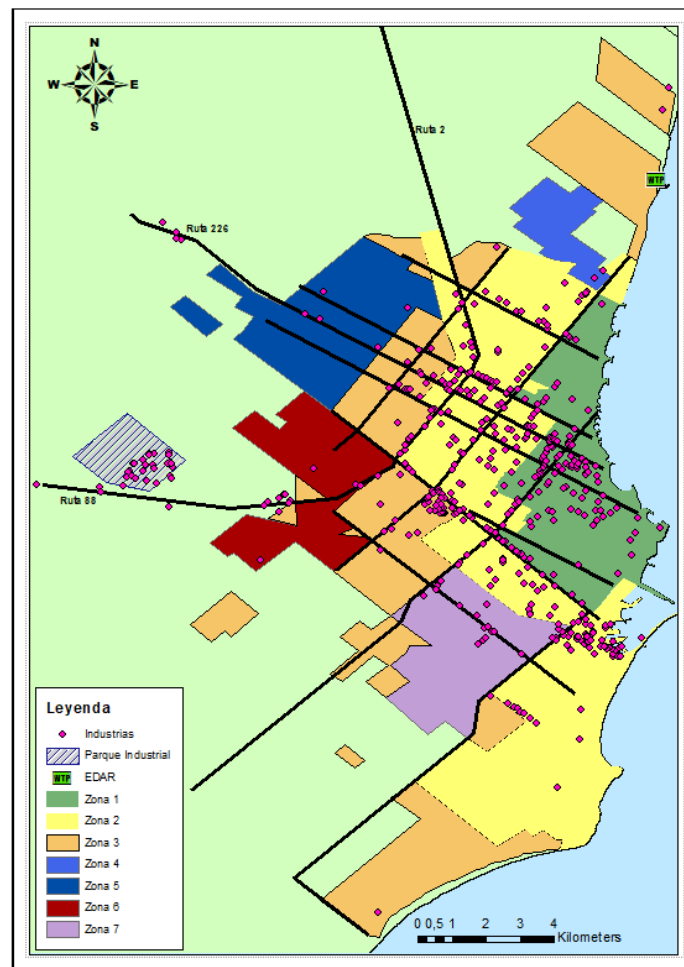


Figura 4.2—V Industrias identificadas dentro del área de estudio. Fuente: propia.

4.2.2.5.3 Sistema de Almacenamiento de Subterráneo de Hidrocarburos

Comprende tanques enterrados de estaciones de servicios activos e inactivos. Se consideran como fuente potencial de contaminación por el tipo de sustancia química que almacenan (Y9) debajo de la superficie. La corriente de residuos Y9, catalogada en el ANEXO de la Ley N.º 24.051, se identifica como todas aquellas “Mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua”.

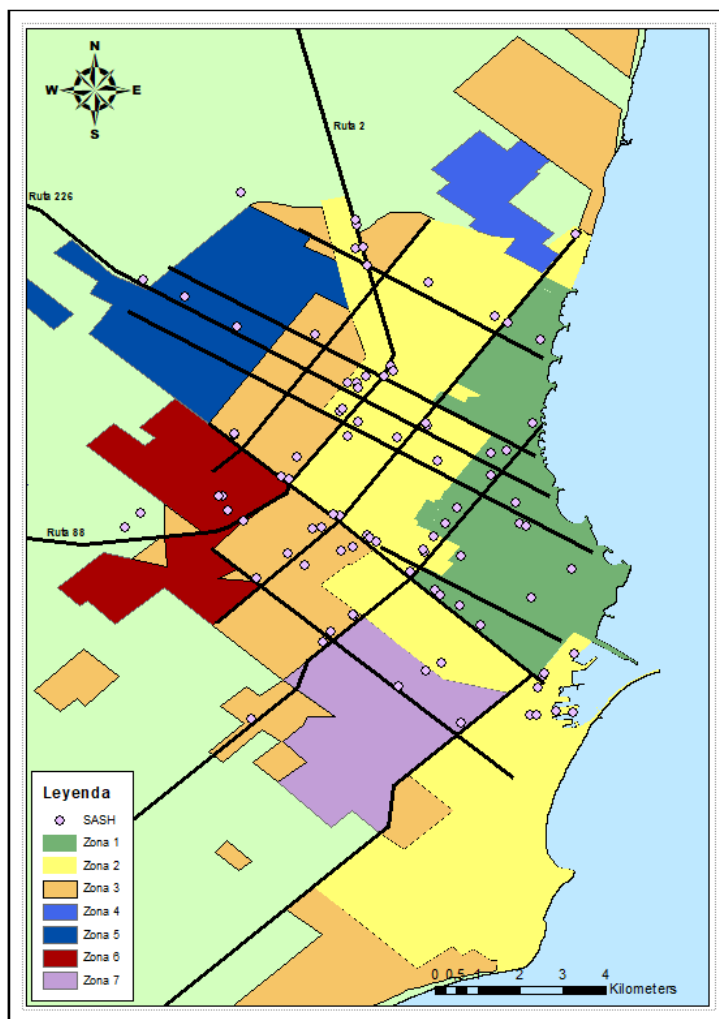


Figura 4.2—VI Sitios de Almacenamiento Subterráneo de Hidrocarburos (SASH) identificados dentro del área de estudio. Fuente: propia

4.2.2.5.4 Cementerios

Si bien solo hay un cementerio que se superpone con el área de estudio (zona 1) y otros cementerios aledaños a las zonas 3, 5 y 7 (figura 4.2—VII), es importante considerarlos por dos factores: la putrefacción de los cadáveres y composición de los ataúdes. Relacionados al primer factor, putrefacción de cadáveres, se han estudiado globalmente diversos procesos como por ejemplo la lixiviación de compuestos que pueden contribuir a la contaminación de suelos y aguas subterráneas.

Desde un punto de vista bacteriológico, la descomposición de cadáveres genera un suministro muy alto de microorganismos al suelo, aunque hay que destacar que la persistencia de los mismos va a depender de diversos factores como el pH, composición geológica, temperatura, humedad, etc. (WHO, 1998)

En cuanto a la química del proceso, la información es más escasa aunque existen estudios que demuestran incrementos significativos de nitrato, amonio, cloruro, sulfato y

bicarbonato aguas abajo de los terrenos destinados a cementerios, atribuibles a procesos de lixiviación que deterioran notablemente la calidad del recurso hídrico.

Para el segundo factor, la composición de los ataúdes, la OMS ha señalado la necesidad de realizar más estudios. Uno de ellos mostró elevados niveles de metales (Cu, Fe, Pb y Zn) y metaloides (As) en muestras de suelos de cementerios a distintas profundidades de colocación de ataúdes, sugiriendo que estos incrementos pueden estar directamente relacionados con los herrajes y ornamentos metálicos de los mismos. La madera empleada para la fabricación de ataúdes suele ser procesada para su preservación con sales inorgánicas que contienen elevadas cantidades de elementos tóxicos como arsénico, cobre, cromo, y otros metales pesados, y posteriormente tratada con compuestos orgánicos tales como colorantes, selladores, barnices, ceras y lustres. Todos estos químicos, en función del tiempo, condiciones del suelo, infiltración de aguas de lluvia, pueden movilizarse mediante la lixiviación a través del suelo y alcanzar las napas de agua.

4.2.2.5.5 Microbasurales

En Mar del Plata, los vecinos de distintas locaciones depositan residuos voluminosos en la vía pública en forma de montículos para su retiro por parte del municipio. El servicio municipal de recolección de residuos voluminosos en la vía pública es realizado por la empresa de higiene urbana mediante camiones almejeros, y alcanza una extensión de 25.698 cuerdas por contrato, realizándose un promedio diario de 4.283 cuerdas (2018), no abarcando la totalidad de las áreas pobladas del partido. Por lo tanto, en los barrios donde no se dispone de este servicio, se produce la generación de microbasurales a cielo abierto, asociada principalmente a la disposición inicial de montículos, que al no ser recolectados semanalmente como en el resto de la ciudad, se van acrecentando progresivamente con la disposición de residuos de distinta naturaleza, como escombros, ramas, vuelco clandestino de residuos de origen industrial, residuos domiciliarios dispersos, etc. (Mar del Plata Entre Todos, 2018). Los microbasurales relevados oportunamente por el municipio se extienden tanto sobre la vía pública como en terrenos baldíos, y deben ser higienizados periódicamente por la municipalidad de General Pueyrredon mediante el uso de camiones y palas cargadoras, en función del volumen de residuos a retirar.

En la figura figura 4.2—VII pueden observarse los puntos que indican los microbasurales que se generan en forma recurrente en áreas sin servicio de recolección de montículos, confeccionado a partir del relevamiento realizado por el municipio y Mar del Plata Entre Todos.

4.2.2.5.6 Áreas Agrícola Intensivo

A igual que para Cementerios, para las Áreas Agrícola Intensivo se pudo notar la superposición con una de las zonas de estudio (zona 3) y aledaña a otros polígonos de las zonas 3 y 6 (figura 4.2—VII).

Comprende la producción intensiva de frutas y hortalizas, tanto bajo cubierta como a campo, habitualmente bajo riego y con uso de agroquímicos (Barilari, 2020). Estas áreas conforman los denominados cinturones verdes, los cuales se emplazan en cuñas, intersticios, áreas vacantes características de los espacios de interfase urbano-rural. En comparación con otras producciones agrarias extensivas que operan a mayor escala y manejan grandes volúmenes, la ventaja competitiva de las explotaciones intensivas radica en la proximidad a la ciudad (Barsky, 2010). Se trata de quintas o huertas familiares, como así también otras empresariales, cuya producción se destina especialmente a verduras de hoja y hortalizas de estación y cumplen funciones de abastecimiento alimentario a la población de las ciudades (Di Pace y Bartrons, 2004).

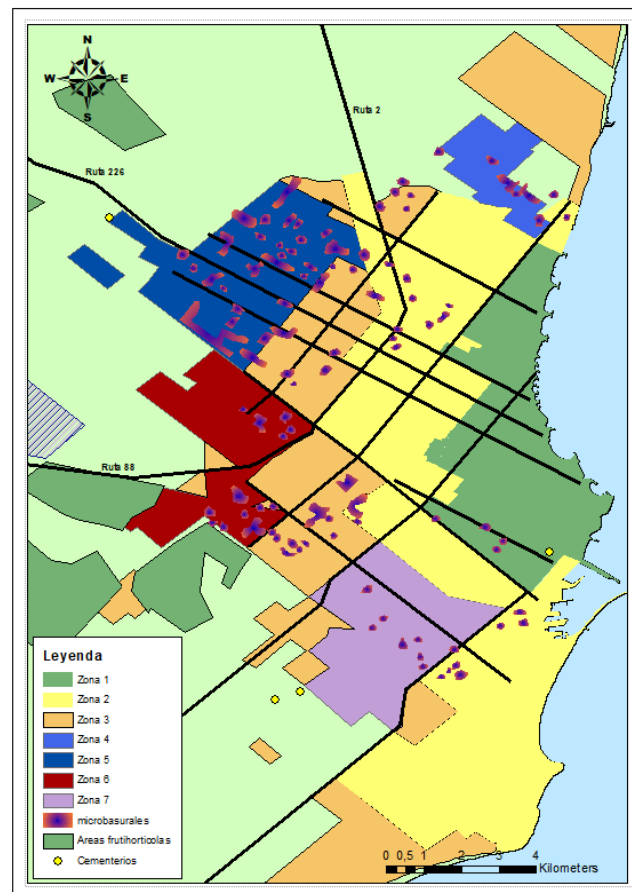


Figura 4.2—VII Microbasurales, áreas frutihortícolas y cementerios identificados en el área de estudio. Fuente: propia

4.2.2.6 *Protección contra inundaciones*

4.2.2.6.1 *Porcentaje de personas que perciben inundaciones*

Los mayores porcentajes de ocurrencia de inundaciones se dan en las zonas Oeste y Noroeste, con hasta un 70% de encuestados que reconocieron la incidencia de este fenómeno. El sector Camet-Las Dalias presentó hasta el 50% de casos de inundaciones mientras que el resto del territorio no superó el 40%, destacándose el Centro, con un 12% de encuestados que manifestaron haber sufrido inundaciones (Mar del Plata Entre Todos, 2018). (Ver tabla VIII).

Tabla VIII Porcentaje de viviendas encuestadas por zona, que indican la frecuencia de inundaciones ocurridas durante el último de obtención de datos. Fuente: MdP Entre Todos, Segundo Informe 2018

Zonas	Porcentaje de personas que perciben inundaciones
Zona 1	12-30%
Zona 2	30-40%
Zona 3	30-40%
Zona 4	40-50%
Zona 5	60-70%
Zona 6	50-60%
Zona 7	30-40%

Debido a que la problemática de las inundaciones urbanas es multicausal, la prevención debe ser acompañada de la mejor predicción posible (de los eventos de tormenta) y de una concientización y organización ciudadana importante. Por ello, el sistema de drenaje pluvial es un instrumento de gestión de vital importancia para la ciudad, dado que, entre otros aspectos favorece la mejor evacuación de las aguas en episodios de lluvia, perteneciendo a los métodos estructurales de prevención.

Es sumamente importante tener en cuenta a las inundaciones eventuales como una amenaza, debido a que pueden afectar de diversas maneras a los ciudadanos, como causar daños a la propiedad, dificultar la circulación de vehículos y peatones, generar problemas de saneamiento, causar proliferación de vectores, etc. Todas aquellas acciones repercuten negativamente en la economía y salud de las personas.

4.2.2.7 *Equidad*

4.2.2.7.1 *Calidad de vivienda*

Hace referencia indirectamente al nivel socioeconómico de los habitantes, lo que permite aproximar cuan susceptible es la población. Para tener referencias, se utilizó el

último año que contó con datos acerca del grado de insatisfacción de viviendas de sus habitantes, el cual fue 2016. En el segundo informe de Mar del Plata Entre Todos, a partir de la última EPC se ha detectado un incremento significativo del mencionado grado de insatisfacción de los vecinos con la calidad de la vivienda que habitan, indicador que ha crecido en 3,6 puntos porcentuales (p.p.). Esta situación se registra en mayor proporción en las zonas 6 y 7 de la ciudad. En relación a la percepción de la ciudadanía respecto de los espacios públicos, se advierte que éstos continúan considerándose insuficientes y poco seguros.

En PGP, el 99,82%, son viviendas de uso particular que aglutinan con mayor participación porcentual a los hogares unipersonales o con dos miembros sumando ambos un 48,47% y que las proyecciones para 2016 representan el 50,7%. Los hogares con tres miembros en 2010 representaban el 19,37% valores que disminuyen en 2016 a 18,62%. En cambio, los hogares con familias tipo de cuatro miembros que en el censo representan el 17,09%, para 2016 aumentan al 18,26%. Finalmente, los hogares numerosos con más de 5 miembros, que en 2010 en conjunto suman el 15,06%, sufren una disminución al 12,42% según los valores de las proyecciones.

Tabla IX Grado de satisfacción sobre la calidad de las viviendas que habitan.

Zonas	Calidad de vivienda (grado de insatisfacción)
Zona 1	2%
Zona 2	10%
Zona 3	3,50%
Zona 4	13,50%
Zona 5	3%
Zona 6	34,30%
Zona 7	24.4%

4.2.2.8 *Dificultad para cubrir necesidades relacionadas al recurso hídrico*

Con este subcriterio se apunta a conocer y las zonas vulnerables a la temática, pero desde un punto de vista económico. La última obtención de datos consiste en el porcentaje de ciudadanos encuestados por zona, que presentaron dificultades para afrontar los costos de las cuentas de agua en el periodo del último año (tabla X).

Tabla X Porcentaje de personas que afirman que tuvieron dificultades para pagar tarifas relacionadas al servicio del recurso

Zonas	Dificultad para cubrir necesidades relacionadas al recurso hídrico
Zona 1	8%

Zona 2	15,80%
Zona 3	5,60%
Zona 4	14,60%
Zona 5	9,20%
Zona 6	15,70%
Zona 7	36,90%

4.2.2.8.1 Uso de salud pública

Se refiere al porcentaje de población por zona, que recurre a establecimientos de salud pública en caso de requerir asistencia médica. Se considera importante conocer qué zonas poseen mayor cantidad de población recurrente a establecimientos de salud pública, ya que, en ellas, cualquier ciudadano puede acceder a servicios de salud e información sobre la prevención de las enfermedades relacionadas con el agua.

En la siguiente tabla (tabla XI) se presentan los porcentajes de concurrencia utilizados para este proyecto final:

Tabla XI Porcentaje de personas que utilizan el servicio de salud pública

Zonas	Uso de salud pública
Zona 1	5,60%
Zona 2	24,50%
Zona 3	33,20%
Zona 4	57,10%
Zona 5	39,10%
Zona 6	52,70%
Zona 7	36,30%

4.2.2.8.2 Organización ciudadana

Se contabilizaron todas las sociedades y asociaciones de fomento y/o barriales de la ciudad, las cuales son de suma importancia para la organización y representación de los habitantes una zona en particular. En este tipo de organizaciones, la población puede acceder a información, participar de reuniones barriales, recibir capacitaciones, encontrar un espacio de contención, utilizarlas para encuentros sociales, etc.

En la siguiente tabla (tabla XII) se muestra la cantidad de organizaciones en cada una de las zonas de estudio, de un total de 69.

Tabla XII Cantidad de asociaciones vecinales o sociedades de fomento por zona

Zonas	Organizaciones ciudadanas
Zona 1	6

Zona 2	21
Zona 3	23
Zona 4	2
Zona 5	5
Zona 6	4
Zona 7	8

4.2.2.9 Población

Resulta de suma importancia conocer la cantidad de personas que residen en cada una de las zonas. Si bien no se utilizará como dato la densidad poblacional (persona/m²) que permitiría aproximar diversos factores como el hacinamiento, saturación del servicio, problemas de infraestructura, entre otros; la población en si permite dimensionar el movimiento diario que representa cada zona, la demanda de suministro, el alcance de afección que genera un mal resultado en algún indicador, la cantidad de personas que asisten a instituciones y organizaciones zonales, infraestructura requerida para servicios, etc.

En la siguiente tabla, se muestra la cantidad de habitantes por zona:

Tabla XIII Cantidad de habitantes por zona

Zonas	Población
Zona 1	142.385
Zona 2	182.314
Zona 3	108.779
Zona 4	8.688
Zona 5	48.109
Zona 6	36.773
Zona 7	58.110

4.2.2.10 ¿Calidad del agua?

Por evidencia, se sabe que el ser humano no puede sobrevivir mucho tiempo sin ingerir agua. Por lo tanto, cuando se habla de una gestión del agua, uno de los primeros factores (y muy importantes) que se nos suele venir a la mente es la calidad del agua. Básicamente lo que nos interesa es saber si el agua posee las condiciones necesarias para su ingesta, y de lo contrario ¿Qué parámetros se suelen medir? ¿Qué sucede si hay parámetros excedidos? ¿Qué sucede si se ingiere agua con estas características? ¿Quién establece los valores de referencia? En el anexo A de la ley 11820 (marco regulatorio para

la prestación del servicio de agua potable), la OPDS establece los componentes microbiológicos y fisicoquímicos que afectan a la salud y sus respectivos límites tolerables, los cuales deben ser adoptados por las empresas encargadas de los servicios de provisión y gestión de agua de todo el país:

Para los valores microbiológicos tanto del agua que ingresa al sistema de distribución como para el agua dentro del mismo, utilizando el método de “Tubos múltiples Membrana filtrante Presencia – Ausencia”, se establecen los siguientes límites tolerables:

- Coliformes totales < 2,2 NMP/ 100ml, Ausencia en 100ml, Ausencia en 100 ml.
- E.Coli o Coliformes < 2,2 NMP / 100ml, Ausencia en 100ml, Ausencia en 100 ml.

Existen algunas salvedades para aquellos servicios que obtengan suficientes muestras de gran calidad.

A continuación, se muestra la tabla de “Componentes que afectan directamente a la salud” y sus respectivos límites tolerables (tabla XIV). Los componentes marcados con color rojo, son aquellos que mide OSSE durante todo el año para conocer la calidad del agua de la ciudad.

Tabla XIV Límites tolerables establecidos en el marco regulatorio para la prestación del servicio de agua potable. Fuente: modificado de la ley 11.820

Componentes	Unidad	Límite Tolerable
Arsénico	mg/l	0,05
Cadmio	mg/l	0,003
Cianuro	mg/l	0,07
Cobre	mg/l	2,00
Cromo Total	mg/l	0,05
Flúor	mg/l	1,50
Manganeso	mg/l	0,50
Mercurio (total)	mg/l	0,001
Nitrato (como NO ₃ -)	mg/l	50,00
Nitrito (como NO ₂ -)	mg/l	3,00
Plomo	mg/l	0,01
Selenio	mg/l	0,01
Plata	mg/l	0,05
Componentes Orgánicos		
Alcanos Clorados		
-1,2 Dicloroetano	ug/l	30,00
-Tetracloruro de carbono	ug/l	2,00
Etenos Clorados		
-1.1 Dicloroocteno	ug/l	30,00
-Tricloroetano	ug/l	70,00
-Tetracloroetano	ug/l	40,00
Hidrocarburos Aromáticos		
-Benceno	ug/l	10,00
Benzo (a) pireno	ug/l	0,7
Pesticidas		
-Aldrin/Dieldrin	ug/l	0,03

-Clordano (total isómero)	ug/l	0,20
-2,4(ácido diclorofenoxiacético)	ug/l	30,00
-DDT (total isómeros)	ug/l	2,00
-Heptacloro y Heptacloroepoxido	ug/l	0,03
Hexaclorobenceno	ug/l	1,00
Lindano	ug/l	2,00
Metoxicloro	ug/l	20,00
Pentaclorofenol	ug/l	9,0
Desinfectantes		
-Cloro (libre residual)	mg/l	5.0
Monoclormamina	mg/l	6,0
Productos de la Desinfección		
Clorfenoles		
-2,4,6 Triclorofenol	ug/l	200
Trihalometanos	ug/l	
Bromoformo	ug/l	100
Dibromoclorometano	ug/l	100
Bromodiclorometano	ug/l	60
Cloroformo	ug/l	200
Componentes Adicionales (afectan la aceptabilidad del agua por parte del consumidor)		
Físico Químicos		
Aluminio	mg/l	0,2
Cinc	mg/l	3,0
Cloruro	mg/l	250
Hierro	mg/l	0,3
pH	Log	6,5-8,5
Sodio	mg/l	200
Sulfato	mg/l	250
Solidos Disueltos Totales	mg/l	1500
Microbiológicos		
E. Coli	UFC/NMP/100MI	2,2

Entonces, ¿Por qué no se optó por seleccionar un criterio referente a la calidad del agua? Principalmente, debemos decir que ante la ausencia del documento sobre los valores totales obtenidos de las muestras de agua del año 2020, que al día de la redacción de este capítulo no ha sido subido al sitio web de datos abiertos de la Municipalidad de General Pueyrredón, se procedió a analizar las 1558 mediciones realizadas por OSSE, documento que se encuentra en el mencionado sitio web, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XV Resultados del análisis del documento en el cual se exponen las mediciones realizadas por OSSE.

Componente	Valor mínimo mg/l	Valor máximo mg/l	Cantidad de mediciones del componente	Cantidad de valores excedidos del límite tolerable
Flúor	0,22	1,54	451 de 1558	3
SDT	381	1449	333 de 1558	0
Arsénico	0,023	0,033	15 de 1558	0

En cuanto a la presencia de *Esterichia Coli*, el 100% las muestras presentan valores menores a 1 UFC/100 ml.

La conclusión obtenida del análisis de las muestras publicadas, fue que no sería relevante incluir como criterio a la calidad del agua de la ciudad debido a que los valores que la empresa OSSE no se encuentran fuera de los valores permitidos por la ley. Además, como se puede visualizar en la tercera columna de la tabla, no en todos los muestreos se analizaron todos los componentes, por lo tanto, no se puede decir con certeza que en el último año no haya habido realmente suficiente cantidad de valores por encima o por debajo del límite.

Puede encontrar la tabla de mediciones publicada por la municipalidad en el siguiente link: <https://datos.mardelplata.gob.ar/?q=dataset/concentraci%C3%B3n-de-contaminantes-perjudiciales-para-la-salud-humana-en-agua>

4.2.3 Modelo estratégico: priorización y valoración de criterios y subcriterios

4.2.3.1 Procedimiento

Como se mencionó anteriormente, para que el programa utilizado como modelo de decisión (CDP) pueda priorizar criterios y subcriterios, estos deben ser ponderados o valorados por el o los stakeholders debido a que se utilizó un modelo *multi-voiced*, el cual requiere las ponderaciones de todos los actores. En una primera instancia, se seleccionaron los posibles criterios y subcriterios a tener en cuenta para el trabajo y luego se debatieron con los expertos en la temática pertenecientes al grupo de investigación Recursos Hídricos, de la facultad de ingeniería de la Universidad FASTA, con la finalidad de descartar aquellos datos irrelevantes e incorporar solo aquellos que añadan valor al Proyecto final. De esta manera se llegaron a definir todos los criterios y subcriterios que serían utilizados.

Si bien con la ponderación de los criterios y subcriterios del grupo de Recursos Hídricos habría sido suficiente para poder correr el modelo, se optó por solicitar la opinión de los demás stakeholders. Una vez que se les contactó, se les explicó el objetivo y luego accedieron a colaborar, se le envió un email a cada representante de la organización con el siguiente formulario:

Nombre:
Entidad que representa:
1) Valorar criterios para el modelo de decisión. El valor 10 indica total prioridad, mientras que 0, nula prioridad.

Crterios	Puntaje	
Suministro de agua potable		
Saneamiento		
Cantidad de agua		
Fuentes potenciales de contaminación		
Protección contra inundaciones		
Equidad		
2) Valorar subcriterios para el modelo de decisión. El valor 10 indica total prioridad, mientras que 0, nula prioridad.		
Crterios	Subcriterios	Puntaje
Suministro de agua potable	Acceso a agua potable	
	Calidad del servicio de quien provee el recurso	
Saneamiento	Colapso del sistema cloacal	
	Flujo de aguas cloacales por las calles	
	Conexión a la red cloacal	
Cantidad de agua	Pozos de extracción de agua	
Fuentes potenciales de contaminación	Criaderos	
	Industrias	
	Tanques subterráneos (SASH)	
	Cementerios	
	Microbasurales	
	Áreas agrícola intensivo	
Protección contra inundaciones	Porcentaje de personas que perciben inundaciones	
Equidad	Calidad de la vivienda	
	Dificultades para cubrir gastos relacionados al servicio de agua	
	Organización ciudadana	
	Uso de salud pública	
	Población	

Esta etapa en la cual se identifican y priorizan una serie de alternativas y se determina cuáles son las de mayor prioridad para el objetivo planteado, se la denomina Modelo Estratégico. Para llevarlo a cabo se seleccionó el método de ponderación SMART (Simple Multi-attribute Rating Technique), debido a evidencia y simpleza. Este juzga la actuación de la alternativa mediante la elección de un valor apropiado entre un límite inferior predeterminado, para la peor (real o imaginaria) alternativa, y un límite superior, para la mejor (real o ideal) alternativa. La estructura utilizada para modelar el problema de decisión en SMART se denomina función valor.

El método se basa en los siguientes pasos:

- 1) Se define la matriz de decisión incluyendo el peso de cada criterio;
- 2) Se transforma la evaluación a una escala de utilidad con valores de 0 y 1 (utilizando la función valor)
- 3) Se realiza una suma ponderada, utilizando los pesos y el valor de prioridad obtenido por el método SMART
- 4) Se calcula el *Decisión Score* de cada alternativa, el valor final para hacer el ranking de alternativas

La ventaja que presenta este método en este modelo de decisión con respecto a otro es el carácter independiente de las alternativas. Las calificaciones de las alternativas no son relativas, por lo que cambiar el número de alternativas consideradas no cambiará las calificaciones de decisión de las alternativas originales

4.2.4 Valoraciones de los stakeholders

A continuación, se presentan las ponderaciones establecidas por cada stakeholder:

Tabla XVI Tabla de ponderaciones realizadas por los stakeholders

Criterios	FASTA	INTA	UNMDP-IHA	ADA	UNMDP-IGCYC-IIMYC
Suministro de agua potable	10	10	10	8	10
Saneamiento	9	10	9	9	8
Cantidad de agua	8	8	8	6	9
Fuentes potenciales de	8	7	6	7	8

contaminación						
Protección contra inundaciones	8	7	7	5	9	
Equidad	7	10	8	10	8	
Criterios	Subcriterios	FASTA	INTA	UNMDP-IHA	ADA	UNMDP-IGCYC-IIMYC
Suministro de agua potable	Acceso a agua potable	10	10	10	10	10
	Calidad del servicio de quien provee el recurso	8	6	9	6	10
Saneamiento	Colapso del sistema cloacal	7	8	6	8	5
	Flujo de aguas cloacales por las calles	7	8	6	7	7
	Conexión a la red cloacal	8	8	9	10	9
Cantidad de agua	Pozos de extracción de agua	8	10	8	10	9
Fuentes potenciales de contaminación	Criaderos	6	8	4	7	10
	Industrias	8	8	5	10	9
	Tanques subterráneos (SASH)	10	9	5	9	8
	Cementerios	5	7	3	4	8
	Microbasurales	8	8	5	7	5
	Áreas agrícola intensivo	10	9	6	6	10
Protección contra inundaciones	Porcentaje de personas que perciben inundaciones	7	8	7	10	9
Equidad	Calidad de la vivienda	7	8	7	9	7

Dificultades para cubrir gastos relacionados al servicio de agua	8	8	6	10	8
Organización ciudadana	5	7	7	7	7
Uso de salud pública	6	9	8	8	9
Población	7	9	9	9	8

Luego se introdujeron tanto los valores obtenidos por los stakeholders, como los valores reales obtenidos de cada subcriterio por zona, en el modelo de decisión (CDP).

4.2.4.1.1 Consideraciones a la hora de introducir un rango de valores

Como se mostró en el apartado (tabla I) de este capítulo “Descripción y fuente de los subcriterios”, algunos valores reales de ciertos subcriterios en el área de estudio se encuentran representados como un rango de valores, por ejemplo:

Zonas	Zonas con conexión a la red de agua potable
Zona 1	90-95%

En estos casos, para introducir valores cuantitativos en el modelo, es necesario un valor unitario, por lo que en los casos que la influencia de los criterios esté representada en rangos, se deberá realizar una reclasificación, lo que no modificará la categoría de prioridad que le asignaría el modelo a los valores reales. Para un mejor entendimiento, se adjuntan las conversiones realizadas:

A. Acceso a agua potable

Tabla XVII Recategorización de Acceso a agua potable

Zonas	Acceso a agua potable	Nuevo valor [1- 4,5]
Zona 1	90-95%	4,5
Zona 2	90-95%	4,5
Zona 3	70-80%	3
Zona 4	<60%	1
Zona 5	90-95%	4,5

Zona 6	<60%	1
Zona 7	80-90%	4

Conversiones realizadas (A)

Dato	Valor
<60%	1
60-70%	2
70-80%	3
80-90%	4
90-95%	4,5
90-99%	5

B. Calidad del servicio de quien provee el recurso

Tabla XVIII Recategorización de Calidad del servicio.

Zonas	Calidad del servicio de quien provee el recurso (grado de satisfacción)	Nuevo valor [1- 4,5]
Zona 1	80-90%	4
Zona 2	70-80%	3
Zona 3	70-80%	3
Zona 4	<60%	1
Zona 5	90-95%	4,5
Zona 6	60-70%	2
Zona 7	60-70%	2

Conversiones realizadas (B)

Dato	Valor
<60%	1
60-70%	2
70-80%	3
80-90%	4
90-95%	4,5
90-99%	5

C. Colapso del sistema cloacal

Tabla XIX Recategorización de Colapso del sistema cloacal

Zonas	Colapso del sistema cloacal	Nuevo valor [1-3]
Zona 1	<10%	1
Zona 2	<10%	1
Zona 3	10-20%	2
Zona 4	10-20%	2
Zona 5	20-22%	3
Zona 6	<10%	1
Zona 7	10-20%	2

Conversiones realizadas (C)

Dato	Valor
<10%	1
10-20%	2
20-22%	3

D. Conexión a red cloacal

Tabla XX Recategorización de Conexión a red cloacal

Zonas	Conexión a red cloacal	Nuevo valor[1-3]
Zona 1	90-99%	3
Zona 2	90-99%	3
Zona 3	70-80%	1
Zona 4	80-90%	2
Zona 5	90-99%	3
Zona 6	80-90%	2
Zona 7	80-90%	2

Conversiones realizadas (D)

Dato	Valor
------	-------

70-80%	1
80-90%	2
90-99%	3

E. Porcentaje de personas que perciben inundaciones

Tabla XXI Recategorización de Porcentaje de personas que perciben inundaciones

Zonas	Porcentaje de personas que perciben inundaciones	Nuevo valor[1-5]
Zona 1	12-30%	1
Zona 2	30-40%	2
Zona 3	30-40%	2
Zona 4	40-50%	3
Zona 5	60-70%	5
Zona 6	50-60%	4
Zona 7	30-40%	3

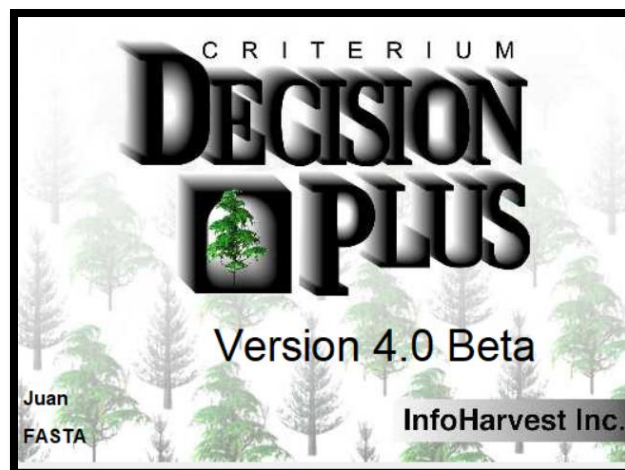
Conversiones realizadas (E)

Dato	Valor
12-30%	1
30-40%	2
40-50%	3
50-60%	4
60-70%	5

4.2.5 Estructura del modelo multicriterio

Como se mencionó en la introducción, la aplicación del modelo multicriterio para identificar aquellas zonas de la ciudad de Mar del Plata con necesidad de gestión del recurso hídrico, se realizó utilizando el software Critérium Decision Plus 4.0 Beta que cuenta con una versión de uso libre (CDP, Info Harvest Inc., Seattle, WA), identificando para ello el objetivo del modelo, los criterios y subcriterios a utilizar y las alternativas espaciales. CDP es un software que se puede utilizar para gestionar todo el proceso de decisión y que se ejecuta como una aplicación de Windows; en el mismo se puede ejecutar una tormenta de

ideas (como primer paso para definir objetivo y criterios), fijar un objetivo, agregar y ponderar criterios (y subcriterios) e ingresar alternativas, para que finalmente se sinteticen estas entradas y se presenten como resultado las alternativas en un orden de prioridad. Asimismo, este software puede proporcionar las contribuciones a ese resultado de los criterios y subcriterios. CDP implementa las dos metodologías de síntesis final de entradas mencionadas anteriormente: AHP y SMART (Saaty 1992; Edwards 1977). Como ya se indicó previamente, en este Proyecto final se optó por utilizar el método SMART.



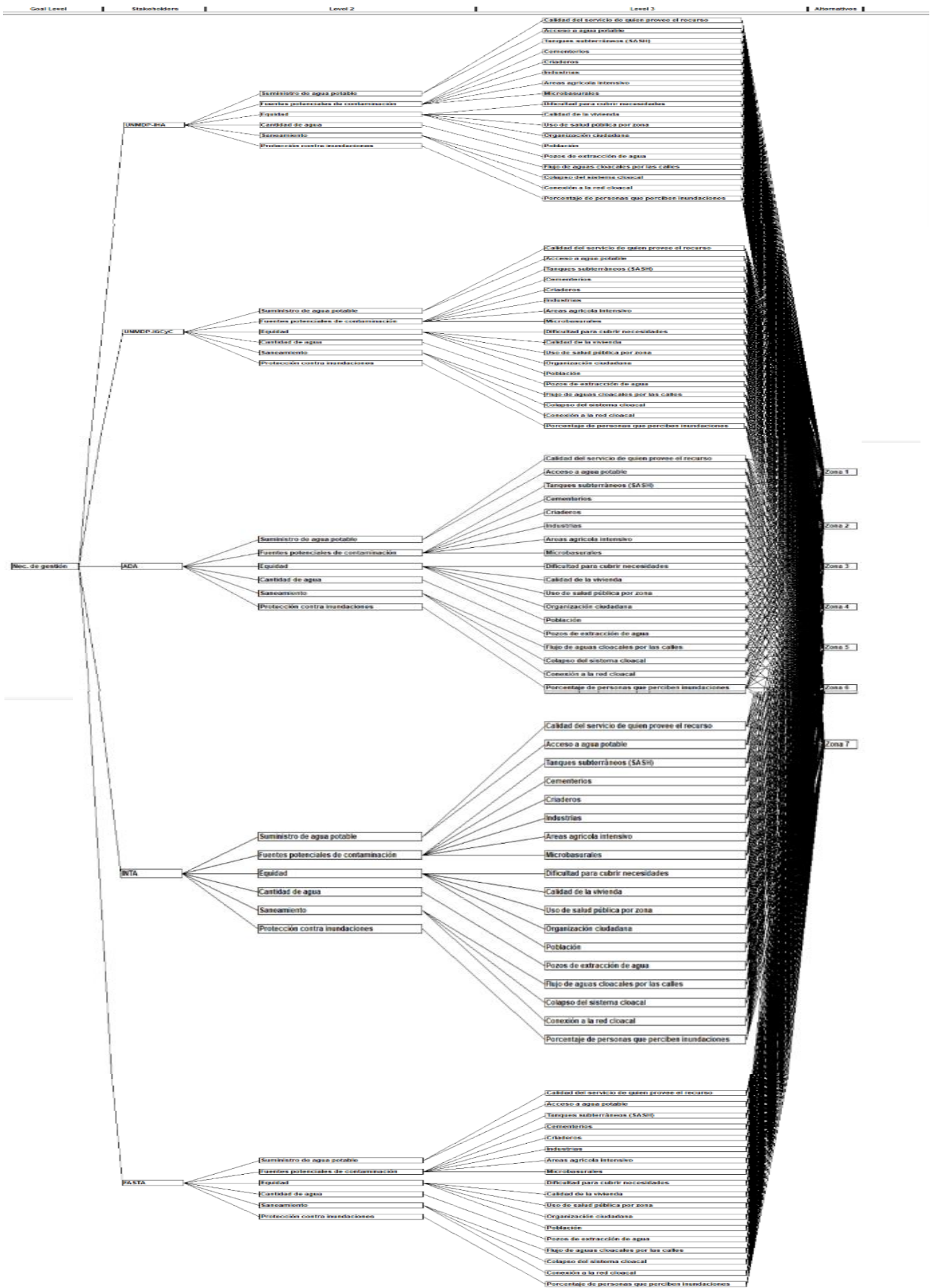


Figura 4.2—VIII Árbol de valores divididos por el objetivo, criterios, sub criterios y alternativas (CDP)

Una vez realizado lo anterior, se pueden introducir los nuevos valores reales de los subcriterios seleccionados. A continuación, se muestra el procedimiento en el software:

A modo de ejemplo, se mostrará la valoración realizada por el grupo de investigación Recursos Hídricos de la Universidad FASTA. El procedimiento se realizó de la misma manera para todos los stakeholders con sus respectivas ponderaciones presentadas anteriormente.

4.2.6 Valoración de criterios

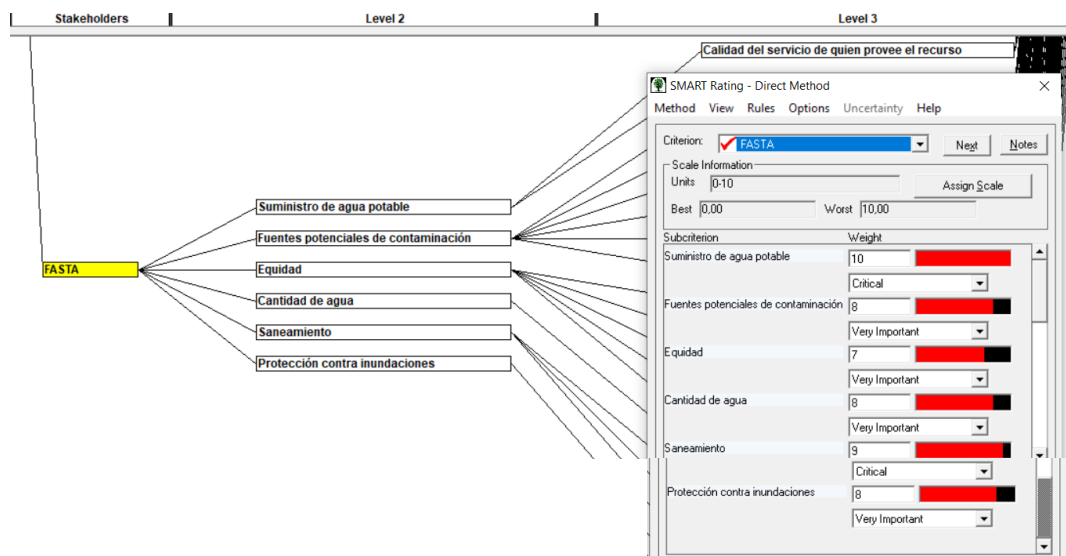
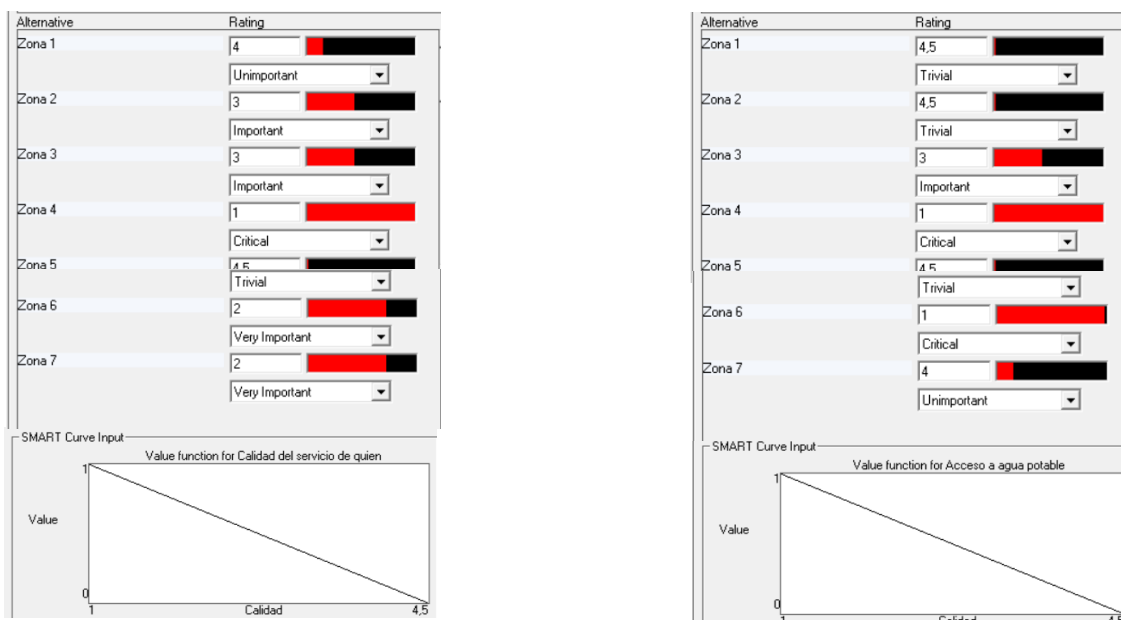


Figura 4.2—IX Valoración de criterios en el software

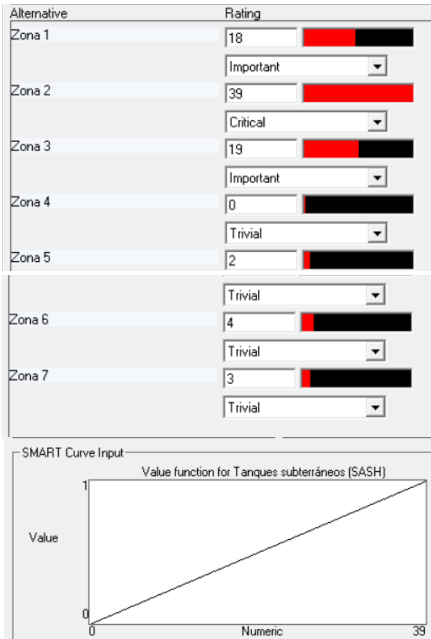
4.2.7 Valoración de subcriterios



Calidad del servicio de quien provee el recurso.

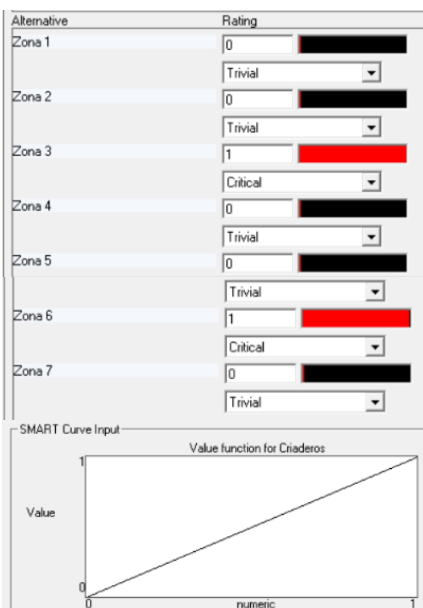
Lectura de la curva: los valores tendientes a 1 (valor correspondiente al rango mínimo identificado -<60%, conversiones realizadas (A)- referente dichas personas que perciben peor calidad del servicio), tienen el valor de mayor prioridad en el proceso de decisión.

Para este modelo el valor 1 es de mayor prioridad es mientras que 0 es el de menor prioridad (SMART curve input)



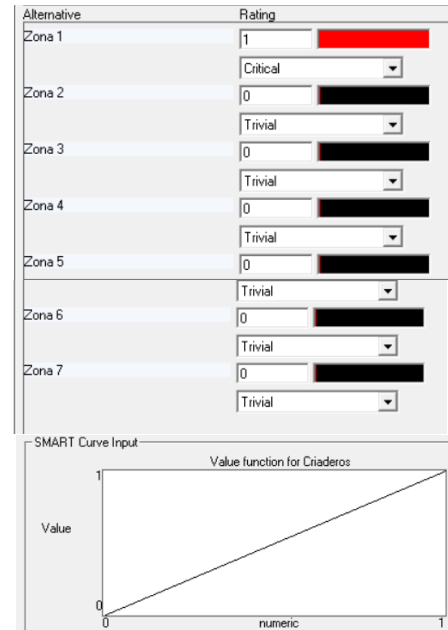
Tanques de almacenamiento subterráneo (SASH).

Lectura de la curva: los valores tendientes a 39 (cantidad máxima de SASH identificados), tienen prioridad en el proceso de decisión.



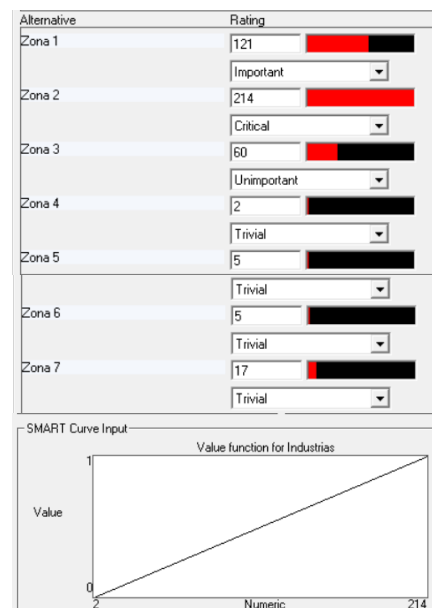
Acceso a agua potable.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 1, (valor correspondiente al rango mínimo identificado -<60%, conversiones realizadas (B)- referente a zonas con escaso acceso a agua potable), tienen prioridad en el proceso de decisión.



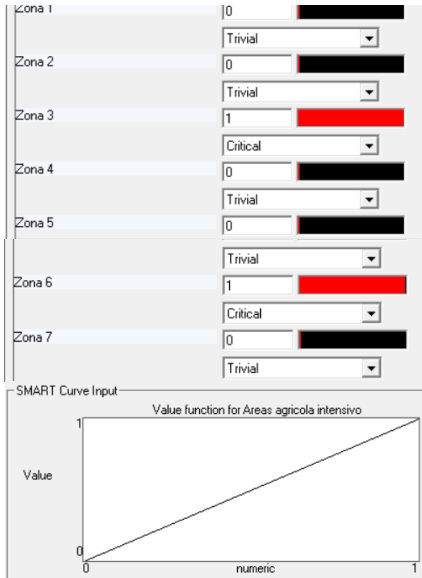
Cementerios.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 1 (cantidad máxima de cementerios identificados), tienen prioridad en el proceso de decisión.



Criaderos.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 1 (cantidad máxima de criaderos identificados), tienen prioridad en el proceso de decisión.

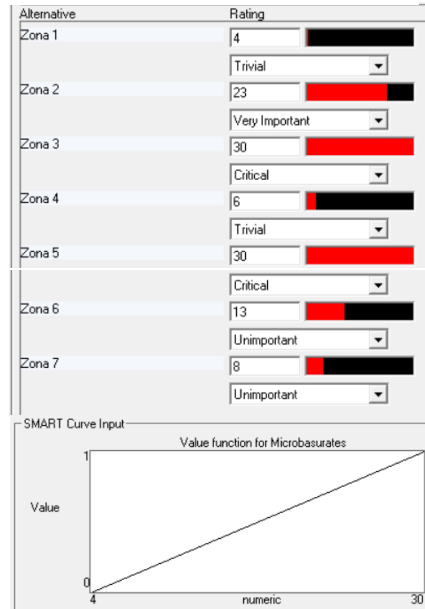


Áreas agrícola intensivo.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 1 (cantidad máxima de dichas áreas identificadas), tienen prioridad en el proceso de decisión.

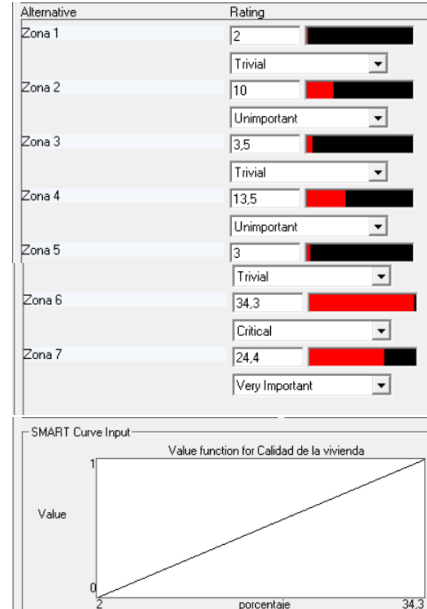
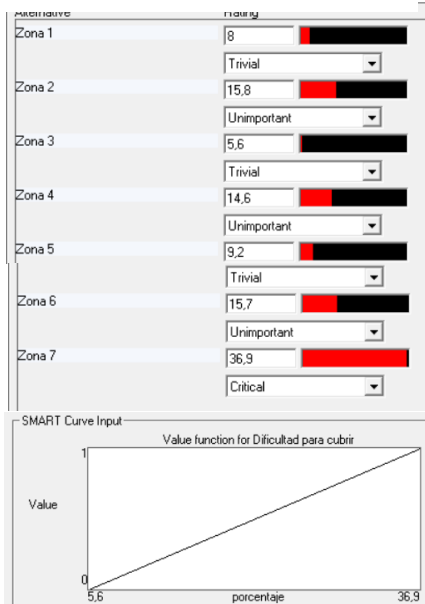
Industrias.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 214 (cantidad máxima de industrias identificadas), tienen prioridad en el proceso de decisión.



Microbasurales.

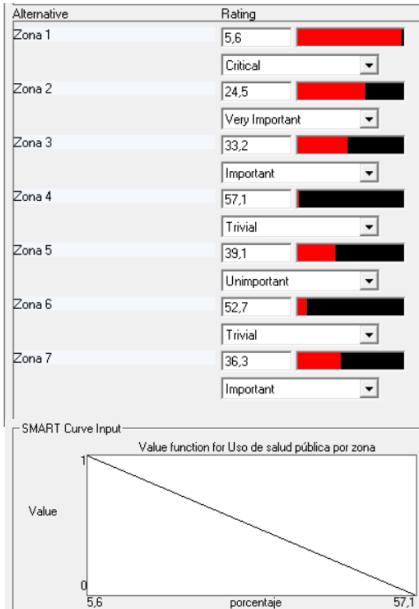
Lectura de la curva: los valores tendientes a 30 (cantidad máxima de basurales identificados), tienen prioridad en el proceso de decisión.



Dificultad para cubrir necesidades relacionadas al agua.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 36.9 (porcentaje máximo identificado de personas con dicha dificultad), tienen prioridad en el proceso de decisión.

Nota: los porcentajes están normalizados.

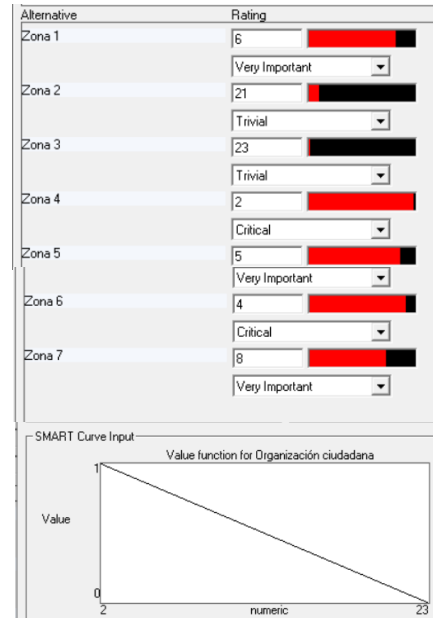


Uso de salud pública por zona.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 5.6 (porcentaje mínimo identificado de personas concurrentes a dichos establecimientos), tienen prioridad en el proceso de decisión.

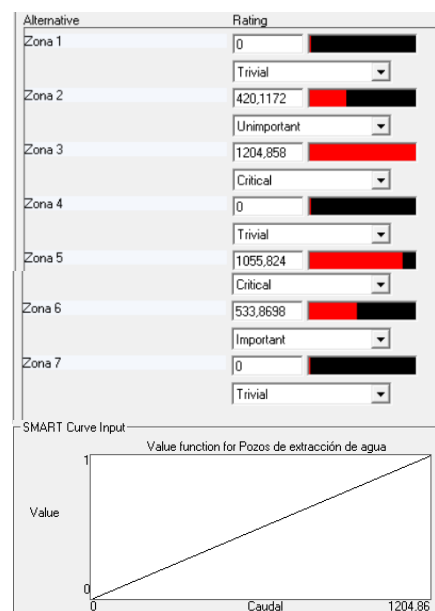
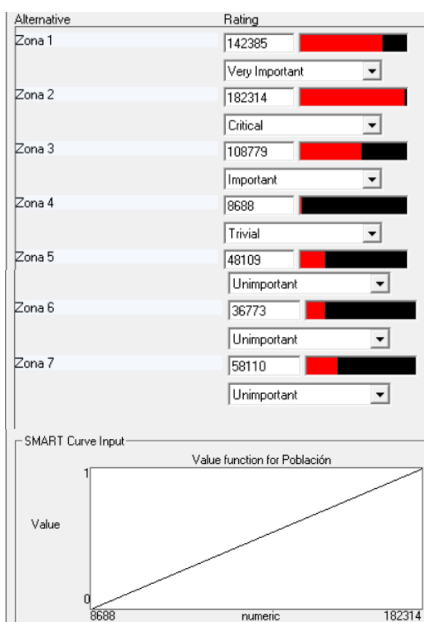
Calidad de la vivienda.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 34.3 (porcentaje máximo identificado de personas con menor calidad de viviendas), tienen prioridad en el proceso de decisión.



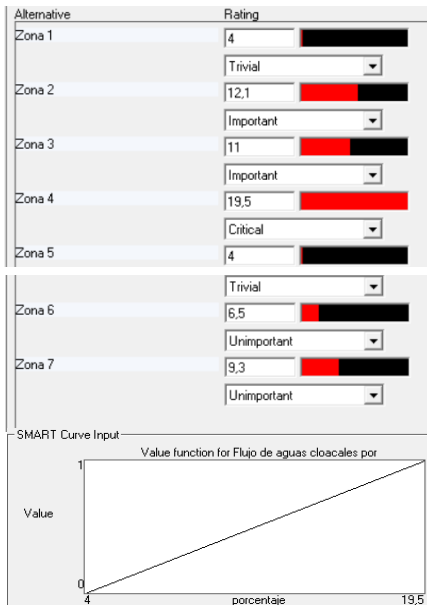
Organización ciudadana.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 2 (cantidad mínima de este tipo de organizaciones identificadas), tienen prioridad en el proceso de decisión.

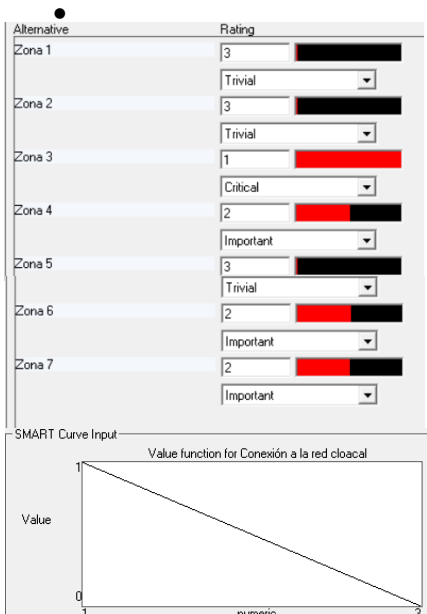


Población.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 182.314 (cantidad máxima de habitantes identificados por zona), tienen prioridad en el proceso de decisión.

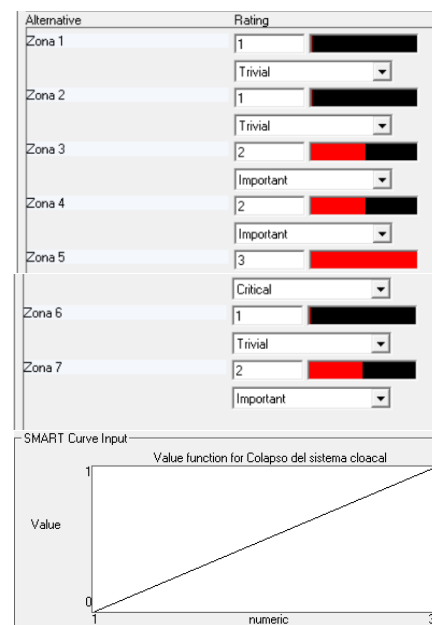


Flujo de aguas cloacales por las calles. Lectura de la curva: los valores tendientes a 19.5 (porcentaje máximo identificado de personas que perciben flujos), tienen prioridad en el proceso de decisión.

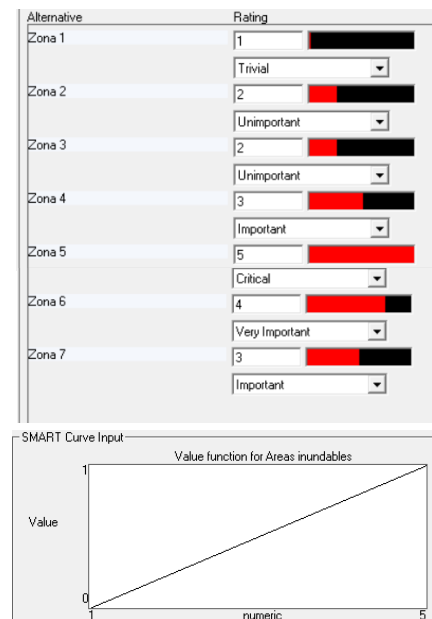


Pozos de extracción.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 1.204,86 (cantidad máxima de m³/hora identificados por zona), tienen prioridad en el proceso de decisión.



Colapso del sistema cloacal. Lectura de la curva: los valores tendientes a 3 (valor correspondiente al rango máximo identificado-20-22, conversiones realizadas (C)- refiriéndose a aquellas personas que presencian dichos episodios), tienen prioridad en el proceso de decisión.



Conexión a la red cloacal.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 1 (valor correspondiente al rango máximoidentificado-70-80%, conversiones realizadas (D)- refiriéndose a aquellas zonas con menor alcance de cobertura de red cloacal), tienen prioridad en el proceso de decisión.

Porcentaje de personas que perciben inundaciones.

Lectura de la curva: los valores tendientes a 5 (valor correspondiente al rango máximoidentificado-60-70%, conversiones realizadas (E)- refiriéndose a aquellas zonas con mayor frecuencia de inundaciones), tienen prioridad en el

5 RESULTADOS

Se corrió el modelo en CDP (Figura 4.2—l) y se obtuvieron los puntajes de decisión por zona.

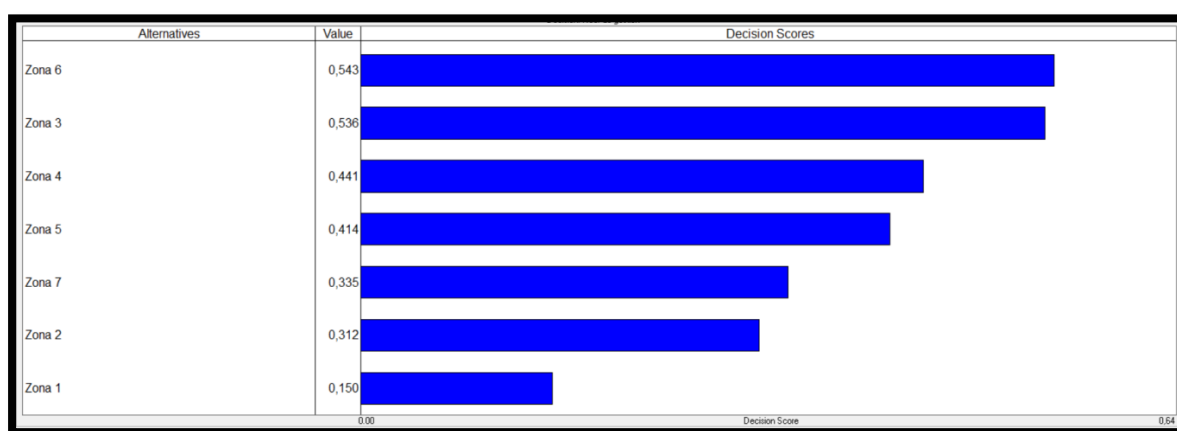


Figura 4.2—l Puntaje de decisión por zona (CDP). Fuente: propia

Como se puede observar en la figura, la zona con mayor necesidad de gestión del recurso hídrico resultó ser la zona 6, seguida por la zona 3. En otro plano intermedio de prioridad, continúan las zonas 4, 5 y 7. Finalmente, en un tercer plano de menor prioridad, se encuentran las zonas 2 y 1 por lo que se dejarán fuera del análisis de contribuciones.

Además de conocer los puntajes de decisión por zona (importancia que le asigna el software a la gestión en cada zona), se obtuvo la contribución de los criterios y subcriterios al resultado del puntaje de decisión.

5.1 Contribución de criterios

Tabla XXII Contribución de criterios. Los colores rojo y azul, indican el mayor y menor criterio por zona respectivamente.

	Zona 1	Zona 2	Zona 7	Zona 5	Zona 4	Zona 3	Zona 6
Suministro de agua potable	0,01207168	0,03621507	0,06503281	0	0,1941453	0,0832051	0,1754964
Saneamiento	0	0,02949745	0,0824433	0,05511531	0,1195882	0,124219	0,04468899

Cantidad de agua	0	0,05487778	0	0,1379167	0	0,1573844	0,0697367
Fuentes potenciales de contaminación	0,04570955	0,0711373	0,00749675	0,02424951	0,00172679	0,094205	0,0618662
Protección contra inundaciones	0	0,0362319	0,0724636	0,134297	0,0724636	0,03623185	0,1086955
Equidad	0,0924214	0,0842152	0,107092	0,05212876	0,05469916	0,04032976	0,0825803
Total	0,15020263	0,3121747	0,33452846	0,40370728	0,44262305	0,53557511	0,54306409

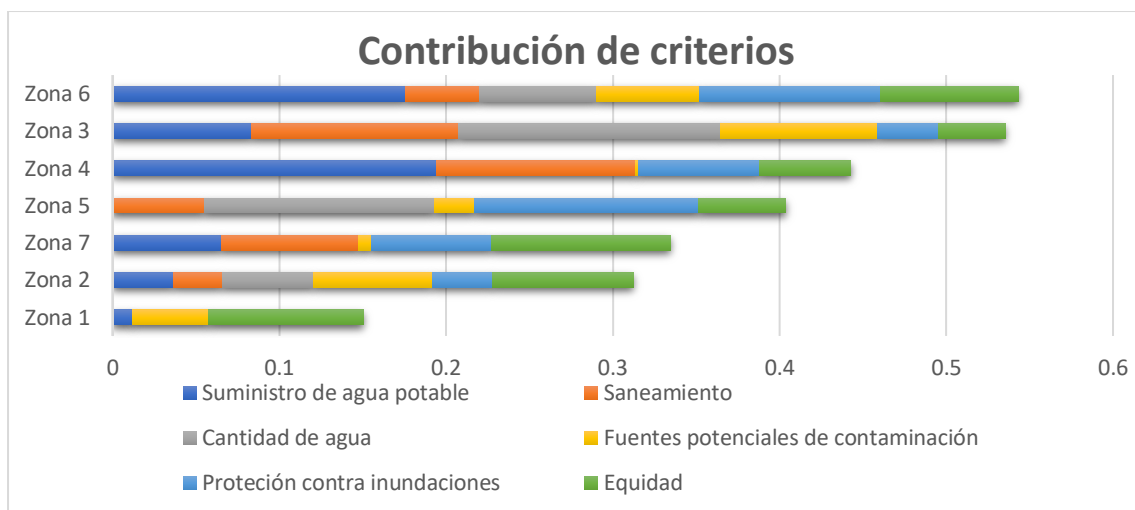


Figura 5.1—I Contribución de cada criterio

5.1.1 Interpretación de resultados tabla XXII: Contribución de criterios.

- En la zona 6, presenta alta contribución el criterio “Suministro de agua potable” (criterio prioritario). Todo lo contrario sucede con el criterio “Saneamiento”, el cual presenta bajos valores de contribución. La sumatoria de todos los criterios en esta zona presenta un puntaje mayor al resto, por lo tanto, la zona 6 es la que presenta prioridad para la gestión de los recursos hídricos.
- En la zona 3, presenta alta contribución el criterio “Cantidad de agua extraída” (criterio prioritario). Todo lo contrario sucede con el criterio “Protección contra inundaciones”, el cual presenta menores valores de contribución. La sumatoria de los puntajes en esta zona dista de un valor muy pequeño (0,007) de la zona 6. Por esta razón, la zona 3 sigue en la escala de prioridad para la gestión de recursos hídricos

- En la zona 4, presenta alta contribución el criterio “Suministro de agua potable”, lo cual lo categoriza como prioritario. Todo lo contrario sucede con el criterio “Cantidad de agua”, el cual presenta criticidad 0.
- La zona 5, presentan altas contribuciones los criterios “Protección contra inundaciones” y en la “Cantidad de agua extraída” (criterios prioritarios). Todo lo contrario sucede con el criterio “Suministro de agua potable”, el cual no presenta grandes complicaciones y como resultado arroja buenos indicadores.
- En la zona 7, presenta alta contribución el criterio “Equidad”, mientras que el de menor contribución fue “Cantidad de agua”, con valor nulo.

5.2 Contribución de subcriterios

En cuanto a la interpretación del total (sumatoria de las contribuciones) se pueden observar los valores obtenidos por el scoring del Software CDP.

Tabla XXIII Contribución de subcriterios. Los valores en rojo, son aquellos con un puntaje considerablemente alto

Subcriterios	Zona 1	Zona 2	Zona 7	Zona 5	Zona 4	Zona 3	Zona 6
Pozos de extracción	0	0,05487778	0	0,1379167	0	0,1573844	0,0697367
Conexión a la red cloacal	0	0	0,03558484	0	0,03558484	0,0711696	0,03558484
Acceso a agua potable	0	0	0,01566335	0	0,1096435	0,04699008	0,1096435
Calidad del servicio de quien provee el recurso	0,01207168	0,03621507	0,04936936	0	0,0845018	0,03621507	0,06585291
Porcentaje de personas que perciben inundaciones	0	0,03623185	0,0724636	0,1449274	0,0724636	0,03623185	0,1086955
Áreas agrícola intensivo	0	0	0	0	0	0,02760565	0,02760565
Colapso del sistema cloacal	0	0	0,02755767	0,05511531	0,02755767	0,02755767	0
Criaderos	0	0	0	0	0	0,02327059	0,02352657
Flujo de aguas cloacales por las calles	0	0,02949745	0,01930081	0	0,04728567	0,02549163	0,00910415
Microbasurales	0	0,01640446	0,00947457	0,02244822	0,00172679	0,02244822	0,00777054
Población	0,02934136	0,03739905	0,01084623	0,00865139	0	0,02196614	0,006163571
Uso de salud pública	0,03611022	0,02285811	0,01458432	0,01262104	0	0,01675794	0,003085143
SASH	0,01276272	0,02765257	0,00212712	0,00141808	0	0,01347176	0,002836159
Industrias	0,01520074	0,0270803	0,00191606	0,00038321	0	0,00740876	0,000383212
Calidad de la vivienda	0	0,00856357	0,02397798	0,00107045	0,01731013	0,00160567	0,0345754

Organización ciudadana	0,02418303	0,00284506	0,02133797	0,02560557	0,02987315	0	0,02702809
Dificultad para cubrir necesidades	0,002786877	0,01184423	0,03634552	0,00418032	0,0154508	0	0,01172811
Cementerios	0,01774612	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0,150202747	0,3114695	0,3405494	0,41433769	0,44139795	0,53557503	0,543320045

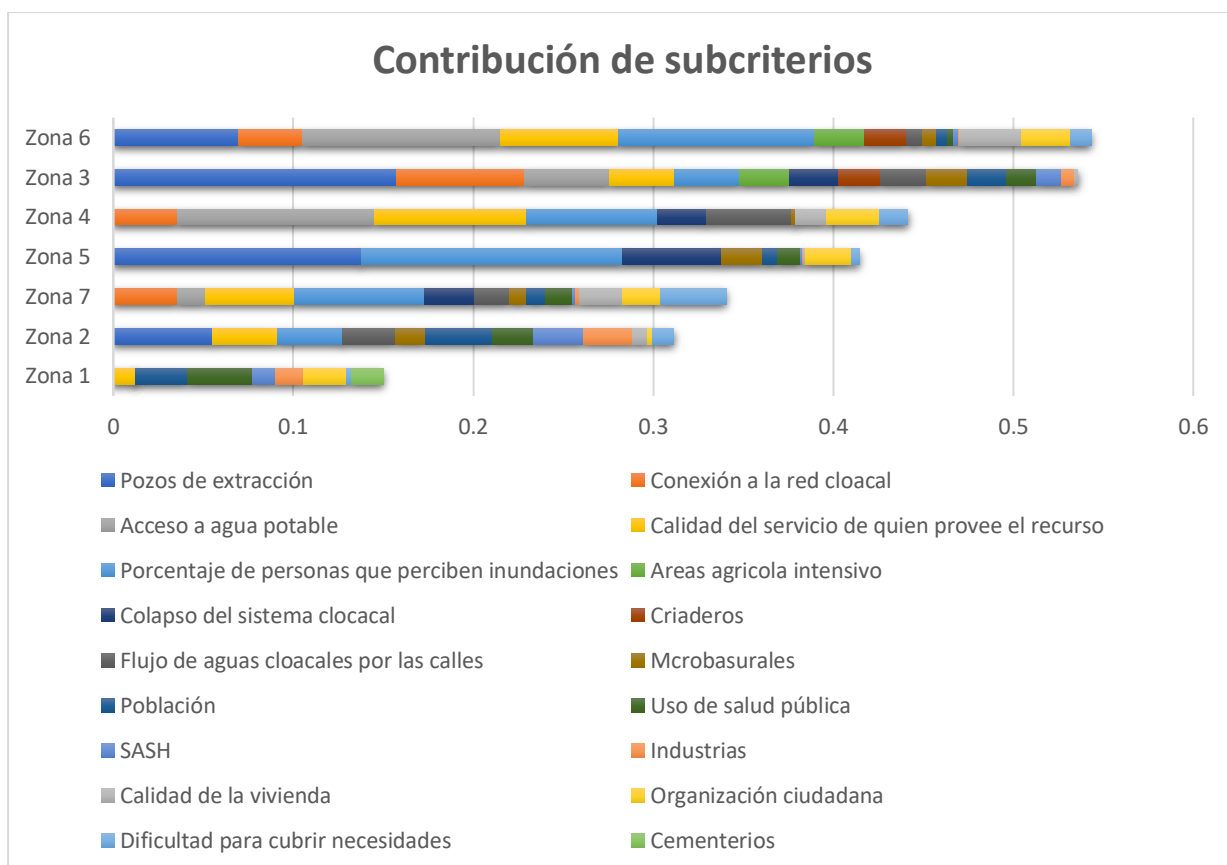


Figura 5.2—I Contribución de subcriterios

5.2.1 Interpretación tabla XXIII: Contribución de subcriterios.

Del análisis de contribuciones de los pesos asignados por los decisores a los subcriterios, se concluyó con lo siguiente:

- En la zona 6, la distribución de puntajes de decisores, muestran una tendencia a priorizar los subcriterios:
 - “Acceso a agua potable” debido a que junto con la zona 4, son las que menos alcance de red presentan, y
 - “Porcentaje de personas que perciben inundaciones”, ya que presenta valores que muestran una alta frecuencia de inundaciones por año. Aunque el mayor porcentaje de inundaciones lo tiene la zona 5.

A su vez, los subcriterios

- “Colapso del sistema cloacal” (baja frecuencia de acontecimiento del suceso), y
 - “Cementerios” (no hay presencia de cementerios en esta zona)
- resultaron ser los que menor puntaje obtuvieron en la distribución (0 por decisor en los dos casos). Esta zona resultó la más prioritaria debido a los altos puntajes en general en la distribución del scoring de subcriterios total, a la vez que es la que menos subcriterios con puntaje nulo presenta.
- En la siguiente zona prioritaria (zona 3), la distribución máxima de los puntajes de decisores se vio reflejada en el subcriterio “Pozos de extracción”, debido a que junto con la zona 5, son las que mayores caudales de extracción presentan. Mientras que los siguientes tres subcriterios obtuvieron la distribución más baja (puntaje 0):
 - “Organización ciudadana”. Hay una cantidad importante de organizaciones barriales/vecinales para acceder a información.
 - “Dificultad para cubrir necesidades relacionadas al recurso hídrico”. Su población no presenta mayores inconvenientes para afrontar este tipo de gastos.
 - “Cementerios”. No se encontraron cementerios dentro de la zona ni en alrededores.
 - En la zona 4, la distribución de pesos se concentró en “Acceso a agua potable”, el cual obtuvo el mismo puntaje prioritario que en la zona 6. Mientras que 8 subcriterios obtuvieron el valor nulo en la distribución:
 - “Pozos de extracción”, ya que no se identificó ningún pozo activo.
 - “Áreas agrícola intensivo”, ya que estas áreas no se superponen con esta zona debido a su lejanía.
 - “Criaderos”, debido a que no se identificaron criaderos en esta zona ni en las proximidades.
 - “Flujo de aguas cloacales por las calles”. Esta zona presenta un bajo porcentaje de flujo de estas aguas por las calles.
 - “Población”. Es la zona con menor población de las 7.
 - “Uso de salud pública”. Un gran porcentaje de su población tiene acceso fácilmente a la salud pública.
 - “SASH”. No se identificaron Sitios de Almacenamiento Subterráneos de Hidrocarburos en esta zona.
 - “Industrias”. Únicamente se identificaron 2 industrias. Lo que en contraste con las demás zonas resulta un aporte muy bajo.
 - y “Cementerios”. No se identificaron cementerios en la zona ni alrededores.

- La zona 5 se caracterizó por tener dos subcriterios prioritarios sobresalientes:
 - “Pozos de extracción”. Es la segunda zona con mayor caudal de extracción de agua para abastecimiento urbano.
 - “Porcentaje de personas que perciben inundaciones”. Es la zona que mayor frecuencia de inundaciones presenta.

Mientras que obtuvo 7 puntajes nulos para los siguientes subcriterios:

- “Conexión a red cloacal”. Presenta buen alcance de red cloacal.
 - “Acceso a agua potable”. Gran porcentaje de la población tiene acceso a agua potable.
 - “Calidad del servicio de quien provee el recurso”. Los habitantes de esta zona están conformes o medianamente conformes con el servicio de OSSE.
 - “Áreas agrícola intensivo”. Si bien la zona 5 se encuentra cerca al denominado Cordón Frutihortícola de la ciudad, no se superponen este tipo de áreas en esta zona.
 - “Criaderos”. No se identificaron criaderos en esta zona.
 - “Flujo de aguas cloacales por las calles”. No es frecuente que se perciban este tipo de flujos.
- Finalmente, la zona 7, presenta una distribución bastante uniforme a los puntajes asignados por cada decisor a los subcriterios, resultando el de mayor valor “Porcentaje de personas que perciben inundaciones”, con una frecuencia media de inundaciones bastante inferior a las zonas donde este criterio fue prioritario. Mientras que presenta 4 subcriterios nulos:
 - “Pozos de extracción”, debido a que no hay pozos de extracción de agua para abastecimiento en esta zona.
 - “Áreas agrícola intensivo”, ya que no se superponen este tipo de actividades en esta zona.
 - “Criaderos”. Si bien se identificaron criaderos en sus alrededores, ninguno tiene influencia dentro de la zona.
 - “Cementerios”. No se encuentran cementerios en esta zona.

Para mayor información acerca de la interpretación de los resultados anteriores, se adjuntan las siguientes tablas, en donde se distribuye el puntaje total de prioridad por zona en los subcriterios según los decisores (lo cual no es necesario identificarlos). Por ejemplo, el puntaje de prioridad de la zona 7 fue de 0,340 (ver tabla XXIII). Dicho valor se distribuyó en todos los subcriterios en función de la ponderación de los decisores X.

Tabla XXIV Distribución del puntaje total de la zona 6

Zona 6	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 3	Decisor 4	Decisor 5	Total
Pozos de extracción	0,015338	0,0147699	0,0141791	0,0136338	0,0118159	0,0697367
Conexión a la red cloacal	0,00803571	0,008	0,00659341	0,00654546	0,00641026	0,03558484
Acceso a agua potable	0,0240385	0,0222222	0,0222222	0,0219298	0,0192308	0,1096435
Calidad del servicio de quien provee el recurso	0,0192308	0,0140977	0,0126984	0,0103022	0,00952381	0,06585291
Porcentaje de personas que perciben inundaciones	0,0259615	0,024	0,021875	0,0201923	0,0166667	0,1086955
Áreas agrícola intensivo	0,00680851	0,00615385	0,00535714	0,00494506	0,00434109	0,02760565
Colapso del sistema cloacal	0	0	0	0	0	0
Criaderos	0,00615385	0,0050646	0,0043956	0,00434109	0,00357143	0,02352657
Flujo de aguas cloacales por las calles	0,00206782	0,00184751	0,00180645	0,00172811	0,00165426	0,00910415
Microbasurales	0,00188543	0,00175313	0,00154533	0,00152156	0,00106509	0,00777054
Población	0,0015047	0,00136567	0,00131153	0,00102094	0,00096073	0,00616357
Uso de salud pública	0,00072132	0,000706455	0,000615761	0,000606652	0,00043495	0,00308514
SASH	0,00069831	0,000667859	0,000507185	0,000504931	0,00045788	0,00283616
Industrias	0,00010238	7,84E-05	7,71E-05	6,32E-05	6,22E-05	0,00038321
Calidad de la vivienda	0,00930233	0,00750469	0,00630631	0,00593939	0,00552268	0,0345754
Organización ciudadana	0,00654608	0,00594121	0,00570571	0,00499671	0,00383838	0,02702809
Dificultad para cubrir necesidades	0,00333523	0,00242164	0,00219034	0,00203666	0,00174424	0,01172811
Cementerios	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0,13173048	0,116594789	0,107386544	0,100307837	0,0873004	0,54332004

Tabla XXV Distribución del puntaje total de la zona 3

Zona 3	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 3	Decisor 4	Decisor 5	Total
Pozos de extracción	0,0346153	0,0333333	0,032	0,0307692	0,0266666	0,1573844
Conexión a la red cloacal	0,0160714	0,016	0,0131868	0,0130909	0,0128205	0,0711696
Acceso a agua potable	0,0103022	0,00952381	0,00952381	0,0093985	0,00824176	0,04699008
Calidad del servicio de quien provee el recurso	0,00824176	0,00845865	0,00761905	0,00618132	0,00571429	0,03621507
Porcentaje de personas que perciben inundaciones	0,00865385	0,008	0,00729167	0,00673077	0,00555556	0,03623185
Áreas agrícolas intensivo	0,00680851	0,00615385	0,00535714	0,00494506	0,00434109	0,02760565
Colapso del sistema cloacal	0,00572727	0,00641026	0,0064	0,003663	0,00535714	0,02755767
Criaderos	0,00615385	0,0050646	0,0043956	0,00408511	0,00357143	0,02327059
Flujo de aguas cloacales por las calles	0,00578991	0,00517302	0,00505806	0,00483871	0,00463193	0,02549163
Microbasurales	0,00544681	0,0050646	0,00446429	0,0043956	0,00307692	0,02244822
Población	0,00536256	0,00486705	0,00467412	0,0036385	0,00342391	0,02196614
Uso de salud pública	0,0039181	0,00383733	0,0033447	0,00329523	0,00236258	0,01675794
SASH	0,00331697	0,00317233	0,00240913	0,00239842	0,00217491	0,01347176
Industrias	0,00197943	0,00151524	0,00149016	0,00122136	0,00120257	0,00740876

Calidad de la vivienda	0,000432	0,000348515	0,000292863	0,000275823	0,00025647	0,00160567
Organización ciudadana	0	0	0	0	0	0
Dificultad para cubrir necesidades	0	0	0	0	0	0
Cementerios	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0,12281992	0,116922555	0,107507393	0,098927503	0,08939766	0,53557503

Tabla XXVI Distribución del puntaje total de la zona 4

Zona 4	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 3	Decisor 4	Decisor 5	Total
Pozos de extracción	0	0	0	0	0	0
Conexión a la red cloacal	0,00803571	0,008	0,00659341	0,00654546	0,00641026	0,03558484
Acceso a agua potable	0,0240385	0,0222222	0,0222222	0,0219298	0,0192308	0,1096435
Calidad del servicio de quien provee el recurso	0,0192308	0,0197368	0,0177778	0,0144231	0,0133333	0,0845018
Porcentaje de personas que perciben inundaciones	0,0173077	0,016	0,0145833	0,0134615	0,0111111	0,0724636
Áreas agrícola intensivo	0	0	0	0	0	0
Colapso del sistema cloacal	0,00572727	0,00641026	0,0064	0,003663	0,00535714	0,02755767
Criaderos	0	0	0	0	0	0
Flujo de aguas cloacales por las calles	0,0128205	0,0114545	0,0112	0,00155427	0,0102564	0,04728567
Microbasurales	0,000418985	0,000389585	0,000343407	0,000338123	0,000236686	0,001726786
Población	0	0	0	0	0	0
Uso de salud pública	0	0	0	0	0	0
SASH	0	0	0	0	0	0
Industrias	0	0	0	0	0	0
Calidad de la vivienda	0,00831197	0,00267195	0,00224528	0,00211465	0,00196628	0,01731013
Organización ciudadana	0,00723514	0,0065666	0,00630631	0,00552268	0,00424242	0,02987315
Dificultad para cubrir necesidades	0,00297199	0,0021579	0,00195179	0,00181485	0,00655427	0,0154508
Cementerios	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0,106098565	0,095609795	0,089623497	0,071367433	0,078698656	0,441397946

Tabla XXVII Distribución del puntaje total de la zona 5

Zona 5	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 3	Decisor 4	Decisor 5	Total
Pozos de extracción	0,0303336	0,0292101	0,0280417	0,0269632	0,0233681	0,1379167
Conexión a la red cloacal	0	0	0	0	0	0
Acceso a agua potable	0	0	0	0	0	0
Calidad del servicio de quien provee el recurso	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de personas que perciben inundaciones	0,0346154	0,032	0,0291667	0,0269231	0,0222222	0,1449274
Áreas agrícola intensivo	0	0	0	0	0	0
Colapso del sistema cloacal	0,0114545	0,0128205	0,0128	0,00732601	0,0107143	0,05511531
Criaderos	0	0	0	0	0	0

Flujo de aguas cloacales por las calles	0	0	0	0	0	0
Microbasurales	0,00544681	0,0050646	0,00446429	0,0043956	0,00307692	0,02244822
Población	0,00211205	0,00191689	0,00184091	0,00143303	0,00134851	0,00865139
Uso de salud pública	0,00295087	0,00289004	0,00251902	0,00248176	0,00177935	0,01262104
SASH	0,00034915	0,00033393	0,000253593	0,000252466	0,00022894	0,00141808
Industrias	0,00010238	7,84E-05	7,71E-05	6,32E-05	6,22E-05	0,00038321
Calidad de la vivienda	0,000288	0,000232343	0,000195242	0,000183882	0,00017098	0,00107045
Organización ciudadana	0,00620155	0,00562852	0,00540541	0,00473373	0,00363636	0,02560557
Dificultad para cubrir necesidades	0,0011888	0,000863159	0,000780715	0,000725939	0,00062171	0,00418032
Cementerios	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0,09504312	0,091038457	0,085544658	0,075481891	0,06722957	0,41433769

Tabla XXVIII Distribución del puntaje total de la zona 7

Zona 7	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 3	Decisor 4	Decisor 5	Total
Pozos de extracción	0	0	0	0	0	0
Conexión a la red cloacal	0,00803571	0,008	0,00659341	0,00654546	0,00641026	0,03558484
Acceso a agua potable	0,00343407	0,0031746	0,0031746	0,00313283	0,00274725	0,01566335
Calidad del servicio de quien provee el recurso	0,00274725	0,0140977	0,0126984	0,0103022	0,00952381	0,04936936
Porcentaje de personas que perciben inundaciones	0,0173077	0,016	0,0145833	0,0134615	0,01111111	0,0724636
Áreas agrícola intensivo	0	0	0	0	0	0
Colapso del sistema cloacal	0,00572727	0,00641026	0,0064	0,003663	0,00535714	0,02755767
Criaderos	0	0	0	0	0	0
Flujo de aguas cloacales por las calles	0,00438379	0,00391672	0,00382968	0,00366359	0,00350703	0,01930081
Microbasurales	0,00083797	0,000779169	0,000686813	0,00366359	0,00350703	0,00947457
Población	0,00264787	0,00240321	0,00230794	0,00179658	0,00169063	0,01084623
Uso de salud pública	0,0034099	0,00333961	0,00291087	0,00286781	0,00205613	0,01458432
SASH	0,00052373	0,000500894	0,000380389	0,000378698	0,00034341	0,00212712
Industrias	0,00051192	0,000391872	0,000385387	0,000315869	0,00031101	0,00191606
Calidad de la vivienda	0,00645115	0,00520449	0,00437341	0,00411896	0,00382997	0,02397798
Organización ciudadana	0,00516796	0,00469043	0,00450451	0,00394477	0,0030303	0,02133797
Dificultad para cubrir necesidades	0,0103359	0,00750469	0,00678788	0,00631164	0,00540541	0,03634552
Cementerios	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0,07152219	0,076413645	0,069616589	0,064166497	0,05883048	0,3405494

Tabla XXIX Distribución del puntaje total de la zona 2

Zona 2	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 3	Decisor 4	Decisor 5	Total
Pozos de extracción	0,0120699	0,0116229	0,0111579	0,0107288	0,00929828	0,05487778
Conexión a la red cloacal	0	0	0	0	0	0
Acceso a agua potable	0	0	0	0	0	0

Calidad del servicio de quien provee el recurso	0,00824176	0,00845865	0,00761905	0,00618132	0,00571429	0,03621507
Porcentaje de personas que perciben inundaciones	0,00865385	0,008	0,00729167	0,00673077	0,00555556	0,03623185
Áreas agrícola intensivo	0	0	0	0	0	0
Colapso del sistema cloacal	0	0	0	0	0	0
Criaderos	0	0	0	0	0	0
Flujo de aguas cloacales por las calles	0,00669975	0,00598592	0,0058529	0,00559908	0,0053598	0,02949745
Microbasurales	0,00398036	0,00370105	0,00326236	0,00321217	0,00224852	0,01640446
Población	0,00930233	0,00844278	0,00810811	0,00631164	0,00523419	0,03739905
Uso de salud pública	0,00534436	0,00523419	0,00456223	0,00449474	0,00322259	0,02285811
SASH	0,00680851	0,00651163	0,00494506	0,00492308	0,00446429	0,02765257
Industrias	0,00723514	0,00553846	0,00544681	0,00446429	0,0043956	0,0270803
Calidad de la vivienda	0,00230398	0,00185875	0,00156193	0,00147106	0,00136785	0,00856357
Organización ciudadana	0,00068906	0,000625391	0,000600601	0,00052597	0,00040404	0,00284506
Dificultad para cubrir necesidades	0,00336825	0,00244562	0,00221202	0,00205683	0,00176151	0,01184423
Cementerios	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0,07469725	0,068425341	0,062620641	0,05669975	0,04902652	0,3114695

Tabla XXX Distribución del puntaje total de la zona 1

Zona 1	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 3	Decisor 4	Decisor 5	Total
Pozos de extracción	0	0	0	0	0	0
Conexión a la red cloacal	0	0	0	0	0	0
Acceso a agua potable	0	0	0	0	0	0
Calidad del servicio de quien provee el recurso	0,00274725	0,00281955	0,00253968	0,00206044	0,00190476	0,01207168
Porcentaje de personas que perciben inundaciones	0	0	0	0	0	0
Áreas agrícola intensivo	0	0	0	0	0	0
Colapso del sistema cloacal	0	0	0	0	0	0
Criaderos	0	0	0	0	0	0
Flujo de aguas cloacales por las calles	0	0	0	0	0	0
Microbasurales	0	0	0	0	0	0
Población	0,00716306	0,00650118	0,00624348	0,00486014	0,0045735	0,02934136
Uso de salud pública	0,00844278	0,00826873	0,00720721	0,00710059	0,00509091	0,03611022
SASH	0,00314239	0,00300537	0,00228233	0,00227219	0,00206044	0,01276272
Industrias	0,00406124	0,00310885	0,00305741	0,0025059	0,00246734	0,01520074
Calidad de la vivienda	0	0	0	0	0	0
Organización ciudadana	0,00585702	0,00531582	0,00510511	0,00447074	0,00343434	0,02418303
Dificultad para cubrir necesidades	0,00079253	0,00057544	0,000520476	0,000483959	0,00041447	0,00278688
Cementerios	0,00340426	0,00384615	0,00289406	0,00492308	0,00267857	0,01774612
TOTAL	0,03561053	0,03344109	0,029849756	0,028677039	0,02262433	0,15020275

Por último, con los resultados de los puntajes de decisión se generó el mapa de prioridades por zona. Como muestra la figura 5.2—II, las zonas 6 y 3 tienen muy alta prioridad, Las zonas 5, 4 y 7 con prioridad alta-intermedia y finalmente las zonas 2 y 1 con prioridad baja a muy baja. Estos resultados fueron validados con el grupo Recursos Hídricos de la Universidad FASTA.

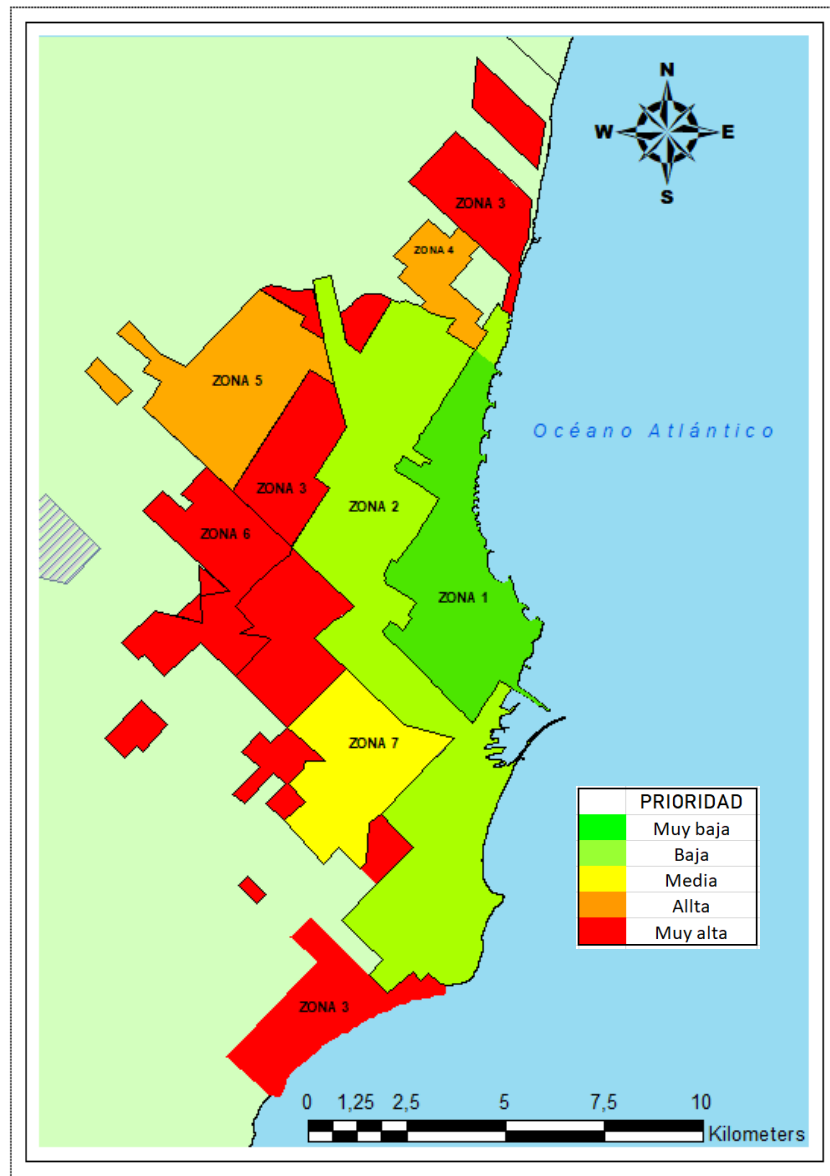


Figura 5.2—II Mapa colorimétrico de zonas prioritarias para la gestión del agua. Fuente: propia

6 OPORTUNIDADES DE MEJORAS

Luego de conocer las contribuciones de los criterios y subcriterios, podemos apuntar algunas sugerencias para mejorar la gestión del recurso hídrico en la ciudad:

- ✓ Establecer prioridades.

Luego de determinar cuáles son las zonas prioritarias y sus contribuciones más críticas, resulta importante estructurar la gestión por orden de prioridad de zonas y sus problemáticas.

✓ Fortalecer la comunicación.

Cuando de una ciudad se habla, existen distintos actores que participan directa o indirectamente en la gestión del problema. Es esencial tener métodos y sistemas de comunicación eficientes y claros entre cada uno de estos actores con la finalidad de poder actuar de la manera más rápida y clara para abordar el problema lo antes posible. La sugerencia apunta a trabajar en la sinergia entre los diferentes sectores de la municipalidad, las empresas, los científicos y ciudadanos.

✓ Divulgación.

Como sugerencia que nace del ítem anterior, es importante también, fortalecer la comunicación de cara a la prevención. Como hemos visto a lo largo de el Proyecto final, muchos factores que afectan al recurso son producto de acciones humanas. Por lo tanto, un canal eficiente de divulgación ciudadana puede ayudar a prevenir que, con el tiempo, dichas acciones perjudiciales puedan ir disminuyendo, mejorando el cuidado del agua y facilitando la toma de decisiones para su gestión.

Ejemplos:

- Concientizar sobre el uso racional del agua, para disminuir el caudal de extracción del recurso. En las zonas céntricas de la ciudad (zonas con mejores indicadores) existe una falta de compromiso de los ciudadanos en el cuidado del agua. Al recorrer la estas zonas, uno puede ver comportamientos incorrectos, como lavado de autos con manguera, grifos en casas y restaurantes con pérdidas, riego hogareño con mangueras, etc.
- Concientizar sobre la correcta disposición inicial de residuos, evitará la creación de microbasurales, la contaminación del agua y del ambiente y la proliferación de vectores. Como consecuencia, mejorará el saneamiento de aquellas zonas afectadas además de permitir el correcto funcionar del sistema pluvial al eliminar obstrucciones por residuos mal dispuestos y/o acarreados por flujos de aguas.
- Brindar información y capacitaciones sobre enfermedades, en centros de salud y centros vecinales, relacionadas al incorrecto saneamiento.

✓ Mayor cantidad de controles rigurosos.

Al día de la fecha, la municipalidad ha comenzado a implementar sistemas de cámaras de vigilancia en zonas donde habitualmente, personas vuelcan grandes

cantidades de residuos desde sus vehículos en la vía pública de manera intencional. De esta manera, las patrullas policiales pueden acudir rápidamente a la escena y labrar la infracción correspondiente. Pero es necesario contar con controles rigurosos en aquellas industrias que pueden afectar al recurso potencialmente y en los casos de existencia de irregularidades, actuar de manera prudente y con la ley. Otros ejemplos pueden ser: regular y desactivar Sistemas de Almacenamiento Subterráneo de Hidrocarburos (SASH) en desuso; controlar parámetros de vuelco de efluentes líquidos, cantidad de residuos generados y calidad de efluentes gaseosos generados en sitios con alto potencial contaminante; ejercer un canon extra para el uso de agua de riego, inspecciones en zonas donde suelen realizar pozos ciegos; etc.

✓ Invertir en investigación científica.

En la introducción se mencionaron algunos estudios sobre herramientas para mejorar la gestión del recurso hídrico subterráneo. Así como los trabajos citados, hay decenas de ellos en donde se llegan a conclusiones específicas y viables. Es importante continuar con esta difícil labor de investigar y divulgar sobre el uso del agua para poder finalmente concretar una gestión sostenible. Para ello, se debe invertir ciencia, escuchar a los expertos, entablar diálogos con sectores gubernamentales y darle la prioridad que merece el asunto.

7 CONCLUSIONES

Desde el principio se supo que el Proyecto final desarrollado se alinearía a otros objetivos, más allá del objetivo general planteado, los cuales tienen sus orígenes y fundamentos en el grupo de investigación “Recursos Hídricos” de la Universidad FASTA. En todo momento, la mirada “macro” de los trabajos y proyectos del grupo, tanto como de este Proyecto final se centran en un aspecto: la problemática global del agua; que sin ir más lejos, afecta al país, al PGP y a la ciudad de Mar del Plata. En el afán de contribuir a soluciones para la mencionada problemática, se analizaron ciertos criterios y subcriterios y se les dio una importancia (peso), para que de ahora en más, cuando se discuta sobre el recurso hídrico en un área de estudio que incluya a la presentada en este Proyecto final se pueda acudir a ellos (criterios y subcriterios cuantificados) y presenten la misma validez, la cual no ha sido argumentada ni definida por el autor sino por personas expertas en el área que representan a las instituciones con mayor poder de decisión y por ende, las instituciones que probablemente sean protagonistas de este “afán” en un futuro no muy lejano. De tal protagonismo se fueron refutando los criterios y subcriterios hasta concluir que

los datos poseen cierto resguardo y validez. En el momento en que los stakeholders sopesaron con sus puntos de vista, no se les había mencionado que tan presentes se encontraban los criterios, subcriterios o datos en el área de estudio, justamente con el propósito de que sean pesos homogéneos para la toma de decisiones sobre el recurso hídrico de ahora en más.

Sin quitarle importancia al haber cumplido el objetivo general propuesto (identificar áreas con necesidad de gestión de recursos hídricos), es imperativo mencionar que la riqueza de este trabajo se encuentra en la convergencia de puntos de vista de distintos decisores, los cuales han tenido distintas formaciones -con ciertas similitudes en la rama- pero sobre todo distintas vivencias.

Para concluir con este trabajo, se mencionarán ciertos resultados importantes:

- El criterio con mayor contribución al Decision Score (valor de prioridad final del modelo) fue “Suministro de agua potable” con valores de contribución altos en la zona 4 (0,1941453) y en la zona 6 (0,1754964), dando una sumatoria de la fila de 0,56616636.
- Los subcriterios con mayor contribución al Decision Score fueron “Porcentaje de personas que perciben inundaciones” con valores de contribución altos en la zona 5 (0,1449274) y en la zona 6 (0,1086955). Además, sumó en cada una de las zonas a excepción de la zona 1, dando un total de 0,3623183. El segundo mayor fue “Pozos de extracción” con contribuciones altas en la zona 5 (0,1379167) y en la zona 3 (0,1573844) dando una sumatoria de la fila de 0,35017888.
- En cuanto a los puntos de vista de los stakeholders, la valoración de los criterios fue en casi todos los casos medianamente uniforme, a excepción de “Cantidad de agua” en donde ADA (Autoridad del Agua) puntuó por debajo de la media junto con “Protección contra inundaciones” en donde ADA puntuó muy por debajo de la media y UNMDP IGCYC-IIMYC puntuó con un valor cercano a la prioridad máxima. “Suministro de agua potable” resultó el más homogéneo, en donde todos los stakeholders le dieron la puntuación máxima de prioridad, excepto ADA. Por último, “Equidad” únicamente resultó de máxima prioridad para INTA y ADA.

En la valoración de subcriterios, hubo unanimidad solo en el subcriterio “Acceso a agua potable” en donde todos los stakeholders lo puntuaron con el valor máximo de importancia. Las mayores disparidades se encuentran en los subcriterios derivados del criterio “Fuentes potenciales de contaminación”. Un ejemplo es el de “Criaderos” en

donde UNMDP-IHA lo consideró como casi sin importancia, FASTA ligeramente relevante, ADA como relevante, INTA como bastante relevante y UNMDP IGCYC-IIMYC como prioritario total.

En todas las valoraciones se puede notar que FASTA es quien menos puntuó los subcriterios provenientes del criterio “Equidad” y UNMDP-IHA, fue quien menos puntuó los subcriterios provenientes del criterio “Fuentes potenciales de contaminación”, mientras que FASTA y UNMDP-IGCYC-IIMYC fueron los que más relevancia les dieron a estos subcriterios.

Como es de saber, este trabajo se realizó considerando una serie de problemáticas que representan la situación actual del recurso. Ante otro contexto, las propuestas de mejoras podrían ser distintas a las indicadas en este Proyecto final.

Anexos

Anexo I: Marco legal

- **Constitución Nacional – Convenio de Basilea 05/92**

A partir de la reforma de 1994 se comenzaron a reconocer de manera explícita los derechos denominados de “tercera generación”, aquellos que refieren a derechos de incidencia colectiva, como por ejemplo el derecho a un ambiente sano. Con la Convención Constituyente de 1994 se señaló la necesidad de armonizar la preservación del ambiente con los requerimientos de un desarrollo que provea industrias y fuentes de trabajo a todo el país. De esa manera, tras la reforma constitucional de 1994, los derechos ambientales ingresan expresamente al bloque de constitucionalidad. Además, casi todas las provincias pasan a tener su propia reglamentación sobre el agua y sus propios organismos destinados a su implementación, lo cual implica que cada provincia pueda utilizar criterios de gestión diferentes. Una de las herramientas utilizadas para la coordinación de políticas en regiones hidrológicas interprovinciales es el de los Comités u Organismos de Cuenca, mediante la cual, dos o más jurisdicciones delegan atribuciones en un organismo interprovincial, con representantes de cada Estado, así como también, de la sociedad civil, para la toma de decisiones que afecten a la cuenca hidrográfica. En algunos de dichos Comités de cuenca también participa el Estado Nacional a través de su Subsecretaría de Recursos Hídricos, o a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

CN, Art. 41: “El Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación, es el tratado internacional

que regula la gestión transfronteriza de los desechos/residuos peligrosos, protegiendo al ambiente y la salud de las personas ante su inadecuada generación, almacenamiento, transporte, tratamiento o disposición final.” A la fecha, son 176 los Estados Parte.

- **Ley N° 12.257: Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires.**

El Código de Aguas, tiene como objeto: reglamentar, supervisar y vigilar todas las actividades y obras relativas al estudio, captación, uso, conservación y evacuación del agua.

Autoridad del Agua (ADA)

La Autoridad del Agua, es un ente autárquico de derecho público y naturaleza transdisciplinaria y cuya organización y funcionamiento se dispone sobre la base de la descentralización operativa y financiera; la cual se constituye a partir de lo establecido en esta ley como entidad de aplicación de las funciones encomendadas al Poder Ejecutivo.

Para cumplir esa función establecerá las especificaciones técnicas que deberán satisfacer las observaciones y mediciones, la recopilación y publicación de información hídrica, las labores, las obras y la prestación de servicios a terceros. Podrá someter esas actividades a su autorización previa y ordenar la remoción de las obras o cosas ejecutadas en su contravención. Asimismo, podrá removerlas cuando la demora en hacerlo pusiese en peligro la vida o la salud de las personas o perjudicase a terceros. Para cumplir sus funciones, la Autoridad del Agua y sus agentes autorizados tendrán acceso a la propiedad privada, previo cumplimiento de los recaudos legales pertinentes. En tales supuestos podrá requerir el auxilio de la fuerza pública.

Funciones que se le han encomendado en dicha ley:

- Formular la política del agua
- Decretar reservas que prohíban o limiten usos y la constitución de derechos individuales sobre agua de dominio público
- Establecer preferencias y prerrogativas para el uso del agua, privilegiando el abastecimiento de agua potable; alentando criterios de reutilización de agua
- Fijar periódicamente por regiones y por categorías de uso, el canon y las contribuciones
- Determinar la dotación de agua a acordar a cada categoría o tipo de uso y a cada región
- Suspender el suministro de agua para uno o más usos en casos que lo ameriten

- Imponer restricciones y limitaciones al dominio privado
 - Otorgar los derechos y cumplir todas las funciones que el Código le encomienda
 - Supervisar y vigilar las actividades y obras relativas al estudio, captación, uso, conservación y evacuación del agua
 - Promover programas de educación formal e informal sobre el uso racional del agua
 - Coordinar un espacio interinstitucional con los órganos de la Administración Provincial competentes en materia de agua
 - Dar cumplimiento a la Planificación Hidrológica para satisfacer las demandas de agua
 - Equilibrar y compatibilizar el desarrollo regional y sectorial
 - Incrementar la disponibilidad del recurso y proteger su calidad
 - Establecer zonas de reserva
 - Aplicar defensa contra las inundaciones y sequías
 - Deberá confeccionar cartas de riesgo hídrico de las zonas que pueden ser afectadas por inundaciones
 - Deberá prohibir el uso recreativo y el abastecimiento doméstico o el urbano de determinadas aguas en salvaguarda de la salud pública
 - Promover programas de educación formal e informal sobre el uso racional del agua
- **Ley 11.820/96 “Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales”.** Se crea el Organismo regulador Bonaerense de Aguas y Saneamiento (ORBAS), se definen los servicios públicos sanitarios y su ámbito de aplicación. Se define la calidad del agua potable y de los desagües cloacales, junto con sus parámetros correspondientes y sus límites tolerables para la Provincia de Buenos Aires.
 - **Ley N° 25.688/02 “Régimen de Gestión Ambiental de Aguas”.** Su objeto es establecer los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.

Dicha ley, comprende no sólo lo relativo a la contaminación cuantitativa y cualitativa del agua sino también al manejo o uso que se le da a la misma.

El “Régimen de Gestión Ambiental de Aguas” que esta ley establece es aplicable tanto a las aguas de dominio público como a las de dominio privado. Esta distinción

teórica tiene una consecuencia práctica muy importante, ya que en base a ella se determina la autoridad competente para legislar sobre su uso.

- **Ley 25.675/02 “Ley General del Ambiente”**. Establece los requisitos mínimos para la gestión sostenible del ambiente y la preservación y protección de la biodiversidad.
- **Ley 25.612/02 “Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios”**. Establece los requisitos mínimos para la gestión sostenible de todos los recursos de residuos derivados de procesos industriales o actividades de servicio.
- **Ley 25.831/04 “Régimen de Libre Acceso a la Información Pública Ambiental”**. Garantiza el derecho de acceso a la información ambiental producida por los gobiernos nacionales, provinciales y municipales, así como por entidades y empresas (públicas, privadas o mixtas) que prestan servicios públicos.
- **Ley 25.916/04 “Gestión de Residuos Domiciliarios”**. Establece los requisitos mínimos para la protección del ambiente con respecto a la gestión de residuos domésticos.
- **Ley 26.093/06 “Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles”**. Establece el marco normativo para la producción y uso sostenible de biocombustibles.
- **Ley 26.331/07 “Presupuestos Mínimos para la Protección Ambiental de los Bosques Nativos”**. Establece los requisitos mínimos para la protección ambiental de los bosques nativos.
- **Ley Nacional 13.757/07. “Ley de Ministerios”**. En su Artículo 3, se dicta la creación del **Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS)**, a quien se le adjudica ejercer la autoridad de aplicación en materia ambiental en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, como entidad autárquica de derecho público en la órbita del Ministerio de Jefatura de Gabinete y Gobierno.

La OPDS tiene capacidad para actuar de forma pública y/o privada dentro del ámbito de la competencia que le asigna la mencionada ley.

Competencias:

1. Planificar, formular, proyectar, fiscalizar, ejecutar la política ambiental, y preservar los recursos naturales; ejerciendo el poder de policía, y, fiscalizando todo tipo de efluentes, sin perjuicio de las competencias asignadas a otros organismos.
2. Planificar y coordinar con los organismos competentes, la ejecución de programas de educación y política ambiental destinada a mejorar y preservar la calidad ambiental, participando en la ejecución de la misma a través de la suscripción de convenios con otros organismos públicos y/o privados, municipales, provinciales, nacionales, e internacionales.
3. Intervenir en la conservación, protección y recuperación de reservas, áreas protegidas, y bosques, de los recursos naturales y de la fauna silvestre, del uso racional y recuperación de suelos, de protección y preservación de la biodiversidad, diseñando e implementando políticas a esos fines.
4. Desarrollar acciones tendientes a diversificar la matriz energética provincial a través de las energías generadas por medio de fuentes renovables, alternativas o no fósiles.
5. Promover la investigación y el uso de fuentes alternativas de energía, y desarrollar políticas orientadas a la sustentabilidad y eficiencia energética en el sector público y privado como prevención del cambio climático; y acciones tendientes a la promoción y la instalación de unidades de generación energética a partir de fuentes renovables o no fósiles tendientes a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.
6. Ejecutar las acciones conducentes a la fiscalización de todos los elementos que puedan ser causa de contaminación del aire, agua, suelo y, en general, todo lo que pudiere afectar el ambiente e intervenir en los procedimientos para la determinación del impacto ambiental.
7. Fiscalizar, en el ámbito de su competencia, a los organismos que tengan a su cargo aspectos de la ejecución de la política ambiental que fije el Poder Ejecutivo.
8. Intervenir en los procedimientos de prevención, determinación, evaluación y fiscalización en materia de residuos, sin perjuicio de los lineamientos que establecen las Leyes 11.347, 11.720, 13.592, de las obligaciones que en ellas se establecen para los Municipios y del Decreto - Ley 9.111/78.
9. Elaborar y ejecutar programas sobre el ecosistema del Delta Bonaerense y de las demás cuencas del territorio de la provincia de Buenos Aires, en coordinación con otros organismos competentes en la materia.

- **La Ley 26.639/10 “Presupuestos Mínimos para la Protección de los Glaciares del Ambiente Periglacial.** Establece los requisitos mínimos para la preservación de los glaciares y del ambiente periglacial.
- **La Ley 26.639/10 “Presupuestos Mínimos para la Protección de los Glaciares”.** Establece los requisitos mínimos para la preservación de los glaciares y el medioambiente periglacial.

ORDENANZAS

- **Ordenanzas Municipales N.º 3788 / 75, 3978 / 75 y 19525/ 10.** Referidas a un Plan de Uso Racional del Agua. La última, establece pautas para la correcta utilización del recurso, así como también prohíbe arrojar y canalizar a la vía pública líquidos de cualquier naturaleza; descargar en la acera el agua de los edificios; la canalización hacia el exterior de los domicilios de detergentes o productos clorados y la descarga hacia la calle, interior de inmuebles o baldíos de pozos ciegos.
- **Ordenanza N.º 25005/21 “Aprobación del Reglamento General del Servicio Sanitario para Obras Sanitarias Mar del Plata Sociedad de Estado”.** Dicho Reglamento del Servicio Sanitario tiene por objeto establecer las normas que regirán los servicios públicos de agua, cloaca y pluvial a cargo de O.S.S.E. y las demás prestaciones que sean de su competencia según las prescripciones de la Carta Orgánica (Ordenanza nº 7445) y del Estatuto (Ordenanza nº 7446) que la regulan.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, J. M. (2012). Herramientas para la selección de proyectos con alto impacto en el Desarrollo Humano. Madrid.
- ArcGIS. (S/E). Análisis Multicriterio. Extraído de <https://www.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=5874bf9388024486bd33e734c6db60b9>
- Banco Mundial (BM) (2017). Banco Mundial BIRF-AIF. Issue 20 septiembre de 2017 Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/waterresourcesmanagement#1>,
- Barilari, A. (2020). Diseño e implementación de un SSD (Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones) para la evaluación y seguimiento del peligro de contaminación del acuífero de Mar del Plata por fuentes puntuales. Tesis Doctoral. Mar del Plata. FASTA - CONICET - UNR.
- Barilari, A., Lima, M., Corleto, B., Veraas, N., & Massone, H. (2020). Proceso multidisciplinario en el desarrollo de un modelo de decisión multicriterio para priorizar cuencas hídricas en el Partido de General Pueyrredon. Mar del Plata. Universidad FASTA, Recursos Hídricos.
- Barsky, A. (2010). La agricultura de “cercanías” a la ciudad y los ciclos del territorio periurbano. Reflexiones sobre el caso de la Región Metropolitana de Buenos Aires. En Agricultura periurbana en Argentina y globalización. Escenarios, recorridos y problemas. pp 15-29. Buenos Aires: FLACSO.
- BURGOS, J. &. (1951). Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thorntwite. Meteoros.
- Buzai, G. D. (2013). Aportes del análisis geográfico con sistemas de información geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial, XXVII. pp. 113–141.
- Campo de Ferreras, A. P. (2002). Hidroquímica el arroyo Pescado Castigado. Santa Fe: Actas III Jornadas Nacionales de Geografía Física. pp. 97-103.
- Castillo Rosas, J. D. (2015). Conceptualisation and Development of a Collective Spatial Decision Support System The Geospatial System of Collective Intelligence. Proc. Int. Iberian Conference on Information Systems and Technologies. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- CEPAL. (2020). Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe. Extraído de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46792/1/S2000908_es.pdf

- Cionchi, J. R. (2004). La contaminación del agua subterránea producida por las deficiencias constructivas en las perforaciones. Mar del Plata: Municipalidad de Gral. Pueyrredón. Obras Sanitarias.
- Conroy, M.J., y Peterson, J. (2013). Decision Making in Natural Resource Management: A Structured, Adaptive Approach. Decision Making in Natural Resource Management: A Structured, Adaptive Approach. 10.1002/9781118506196
- Daga, D., & Zulaica, I. F. (2017). Expansión e intensificación hortícola en el partido de General Pueyrredon, Argentina: Sustentabilidad ecológica e impactos ambientales. pp 102-119. Revista Geografía em Questao.
- Di Pace, M., & Bartrons, H. (2004). Ecología de la Ciudad. Buenos Aires: Prometeo-UNGS.
- Dourojeanni, A. C. (2010). Protocolos, lineamientos, definiciones aplicables a la gestión integrada de Recursos Hídricos por cuenca hidrográfica.
- Dourojeanni, A. y. (2001). Recursos naturales e infraestructura. Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua. Santiago de Chile.
- Ecured. (s.f.). www.ecured.cu. Extraído de https://www.ecured.cu/An%C3%A1lisis_multicriterio
- Efrain Turban Ramesh Sharda, D. D. (2010). Decision Support And Business Intelligence Systems. 9na Edición – Ed. Prentice Hall; ISBN-10: 013610729X ISBN-13: 978-0136107293.
- F, R. D. (2006). Espacio de reflexión y comunicación en Desarrollo Sostenible: Gestión Ambiental. pp. 3.
- Fulop, J. R. (2006). What is meant by “decision-making” in the context of eco-informatics?
- García Cascales, M. d. (2009). Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y “Soft Computing.”. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- GWP. (2009). Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas. Global Water Partnership.
- Héctor Enrique Massone, Daniel Emilio Martínez. (2017). Proyecto Waterclima LAC. Mar del Plata: Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCyC-UNMdP/CIC) Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC-UNMdP/CONICET).
- Hurtado, G. (2005). El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores. UNMSN.
- InfoHarvest. (1999). Obtenido de Criterium Decision Plus (CDP).Extraído de: <http://www.infoharvest.com/ihroot/index.asp>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) (2005). Nacional de Población, Hogares y Viviendas Multicriterio. Nomenclador Nacional de Vías de Circulación.

- Censo del 2001. Extraído de <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-134>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Datos Censales Proyección 2010-2040. Municipalidad de General Pueyrredon: Dirección de Información Estratégica/IGN. Extraído de <https://www.mardelplata.gov.ar/indicadores-demograficos>
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kruse, E. R. (1993). Aspectos geohidrológicos de la zona sur de Mar del Plata (Buenos Aires). Mendoza: Actas XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración Hidrocarburos, Mendoza, VI.
- Lima M, L., Barilari, A., Corleto, B., Albornoz, D., Massone, H., Fresta, P., Veras, N. (2018). Evaluación preliminar del peligro de contaminación del agua subterránea a partir de fuentes puntuales del Partido de General Pueyrredon, provincia de Buenos Aires. Mar del Plata: Universidad FASTA.
- Lima, Barilari, Massone, Albornoz, Meschino. (2020). Modelo basado en predicados difusos para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea. Mar del Plata.
- Lima, M. R. (2013). Decision support model for assessing aquifer pollution hazard and prioritizing groundwater resources management in the wet Pampa plain, Argentina. DOI 10.1007/s10661-012-2930-4.: Environmental Monitoring assessment.
- Mar del Plata Entre Todos. (2015). Encuesta de Percepción Ciudadana 2015. “Agua, Drenaje y Saneamiento” . Mar del Plata.
- Mar del Plata Entre Todos. (2015). Encuesta de Percepción Ciudadana 2015. “Inequidad Urbana”. Mar del Plata.
- Mar del Plata Entre Todos. (2015). Encuesta de Percepción Ciudadana 2015. “Salud”. Mar del Plata.
- MGP/BID. (2013). Plan de acción: Mar del Plata Sostenible. Mar del Plata: BID.
- MGP/OSSE. (2021). Obras Sanitarias. Extraído de <https://www.osmgp.gov.ar/osse/index.php/autoridades/>
- Muñoz Medina, B. y. (2016). Aplicación de métodos de decisión multicriterio discretos al análisis de alternativas en estudios informativos de infraestructuras de transporte. Pensamiento Matemático.
- Olaya, V. (2014). Sistemas de Información Geográfica.
- ONU. (2020). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Paris: Agua y Cambio Climático.

- Pochat, V. (2008). Principios de gestión integrada de los recursos hídricos bases para el desarrollo de planes nacionales.
- Power, D. J. (2005). Decision Support Systems, Frequently Asked Questions. iUniverse, www.iUniverse.co.
- Ramírez, A. M. (2007). El proceso de Análisis Jerárquico con base en funciones de producción para planear la siembra de maíz de temporal. Montecillo: Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrológicas.
- Rodríguez, A; Dardis, N. (2011). Recursos Hídricos Argentina 2011. Centro del Agua para América Latina y el Caribe.
- Romanelli, A., Lima, M.L., Ondarza, P.M. et al. (2021). A Decision Support Tool For Water Pollution and Eutrophication Prevention In Groundwater-dependent Shallow Lakes From Periurban Areas Based On The DPSIR Framework. Environmental Management Shallow Lakes From Periurban Areas Based On The DPSIR Framework. pp 393-410. Extraído de <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01498-3>
- Sabuda, F. G. (2018). Segundo Informe, Mar del Plata Entre Todos. Mar del Plata: pp. 54.
- Sarukesi, V. a. (2006). Decision Support Systems. iUniverse. www.iUniverse.com.
- Sauter, V. L. (2011). Decision Support Systems for Business Intelligence. 2da Ed. 2011 ISBN-10: 0470433744 | ISBN-13: 978-0470433744 |. Ed. Wiley.
- Sebastián Grondona. Hector Massone. (2018). Segundo Informe, Mar del Plata Entre Todos. Mar del Plata: pp 54.
- Sugumaran, R. y. (2010). Spatial decision support systems: Principles and practices. 10.1201/b10322.
- T, A. R. (2013). Evaluación Multicriterio como Instrumento de los Sistemas de Información Geográfica . Mexico D. F.
- Tobón, W. (2013). Análisis multicriterio Taller: Información sobre biodiversidad para la conservación medioambienta.
- Turban, E. (1997). Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems. 4ta Edición.
- UNESCO. (2012). INTERNATIONAL GLOSSARY OF HYDROLOGY. Switzerland: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNESCO. (2019). The United Nations world water development report 2019: leaving no one behind. pp 201. Paris: WWAP (UNESCO World Water Assessment Programme).
- UNESCO. (2020). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2020: agua y cambio climático. Paris: Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos.
- USGS. (2019). USGS science to changing word. Extraído de USGS science to changing word: <https://www.usgs.gov/media/images/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish>

- Voinov, A., Kolagani, N., McCall, M. K., Glynn, P. D., Kragt, M. E., Ostermann, F. O., ... Ramu, P. (2016). Environmental Modelling y Software Modelling with stakeholders e Next generation. *Environmental Modelling and Software*, 77, pp. 196–220. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.11.016>
- WHO (1998). *The Impact of Cementeries on the Environment and Public Health: An Introductory Briefing*. Regional Office for Europe European Centre for Environment and Health Nancy Project Office. Copenhagen.
- Witkin, G. (2020). Hidrografía. Mar del Plata Extraído de: <https://www.mardelplata.gob.ar/Contenido/hidrografia>.
- Witkin, G. (2020). Relieve MGP. Mar del Plata. Extraído de: <https://www.mardelplata.gob.ar/Contenido/relieve>.
- WWAP. (2009). *Integrated Water Resources Management in Action*. WWAP, DHI Water Policy, PNUMA-DHI Centro para el Agua y el Medio Ambiente. Extrado de <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>