

Proyecto Final de Ingeniería Ambiental

“Herramienta de Evaluación Multicriterio
integrada con Sistemas de Información
Geográfica para el emplazamiento de un Relleno
Sanitario en el Partido de General Pueyrredón”



Autor

Mariano Sebastián Sollazzo

Directora

Ing. María Lourdes Lima

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las siguientes personas e instituciones que me han brindado información, ayuda y experiencia durante el transcurso de la realización del presente Proyecto:

- ✓ Ing. María Lourdes Lima.
- ✓ Proyecto BID desarrollado por el INTA, INA y la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNMdP
- ✓ OSSE
- ✓ Centro de Geología de Costas y del Cuaternario de la UNMdP.
- ✓ Secretaría de Usos del Suelo de la Municipalidad de General Pueyrredón.
- ✓ Ente Municipal de Turismo (EMTUR) del Partido de General Pueyrredón.
- ✓ Ente Municipal de Vialidad, Servicios Urbanos y Gestión Ambiental (EMVISUR y GA) del Partido de General Pueyrredón.
- ✓ Empresa Transportes 9 de Julio.
- ✓ Ing. Gloria Linares.
- ✓ Dr. Héctor Massone
- ✓ Ing. Máximo Menna.
- ✓ Ing. Simón Caparrós.
- ✓ Ing. Claudia Baltar.
- ✓ Ing. Pilar Silva Ortiz.
- ✓ Dr. Gustavo Buzai (docente-investigador de la Universidad Nacional de Luján, Argentina).
- ✓ Dr. Joaquín Bosque Sendra (Dpto. de Geografía de la Universidad de Alcalá, España)

Por último, quiero agradecer a mi familia que ha sido el pilar para que yo haya podido alcanzar mis objetivos de la mejor manera. Ellos me han dado siempre su apoyo incondicional en todo lo que me he propuesto, y por eso quiero dedicarle este Trabajo y darle las gracias por todo lo que me han dado.

RESUMEN

La problemática del deterioro ambiental generado por la inadecuada disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), es común a la mayoría de las grandes ciudades, pero especialmente en aquellas de países subdesarrollados.

Hoy en día, los Rellenos Sanitarios se presentan como la técnica más adecuada para la disposición final de los RSU. No obstante, la selección de los sitios aptos donde ubicarlos, continúa siendo una tarea compleja que requiere de un detallado estudio previo en el cual se deben tener en cuenta variables sociales, económicas, ambientales, pero también se debe dar cumplimiento a los requisitos impuestos por las normativas ambientales vigentes de carácter nacional, provincial y municipal.

Es entonces, cuando los encargados de la planificación territorial se enfrentan al desafío de manejar una gran cantidad de información espacial que les permita cumplir su labor en forma oportuna y satisfactoria. El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite un estudio exhaustivo de un número ilimitado de lugares y variables socio-ambientales en forma integral; todos los factores que afectan la selección de un lugar potencial pueden ser analizados y trazados en un mapa individualmente y combinados para obtener los resultados que se deseen.

En el presente Trabajo, se desarrolla una metodología basada en la integración de una herramienta de Evaluación Multicriterio (EMC): el modelo booleano, con un SIG, para obtener un modelo que facilite la localización de sitios adecuados donde emplazar un Relleno Sanitario en el Partido de General Pueyrredón, ubicado en la provincia de Buenos Aires, Argentina.

Esta región presenta características identificatorias respecto a la producción de residuos por tratarse de un área turística de más de 500 mil habitantes estables, que recibe alrededor de 3 millones de turistas a lo largo de la época estival. La metodología desarrollada puede ser utilizada como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones en los procesos de planificación territorial, acotando la superficie sobre la cual se deben realizar estudios más intensivos, pudiendo ser replicada en otros escenarios y enriquecida a través de la inclusión de nuevos criterios y variables que se ajusten mejor a la realidad estudiada.

La proyección demográfica realizada, muestra un incremento estimado de habitantes del 20,3% hacia fines del año 2025, en comparación con el último censo poblacional registrado (INDEC, 2001). Considerando esta cifra, es posible inferir un aumento aproximado del 19%

en la generación de RSU, llegando a producirse hacia fines de ese año, un total estimado de 6.642.034 m³ equivalente a 2.657 piscinas olímpicas completas de residuos.

A través del procedimiento desarrollado, se ha podido determinar tres escenarios que se han considerado como los más aptos para el emplazamiento de un Relleno Sanitario en el área de estudio. Cabe destacar, que el resto de las zonas factibles se han descartado debido a que se encuentran a gran distancia del área urbana, aspecto que, incrementaría considerablemente el costo de transporte

Se debe tener en cuenta que la selección de un área adecuada, significa menos riesgos al medio ambiente y a la salud pública, como así también, menos gastos de instalación, operación y cierre de la obra.

CONTENIDO

Capítulo I: Introducción, Objetivos y Antecedentes	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos	4
ANTECEDENTES	5
Área de estudio	5
¿Cual ha sido la problemática de la disposición final de los RSU en el Partido de General Pueyrredón?.....	6
El presente	12
Capítulo II: Los Rellenos Sanitarios	15
INTRODUCCIÓN.....	16
PRÁCTICAS INADECUADAS EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RSU	17
PRINCIPALES IMPACTOS NEGATIVOS PROVOCADOS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	18
¿QUE ES UN RELLENO SALITARIO?.....	19
TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS	20
Según los residuos sólidos dispuestos	20
Según su forma constructiva.....	21
VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS RELLENOS SANITARIOS	23
Capítulo III: Marco Regulatorio	26
LEYES NACIONALES	27
Constitución Nacional	27
ENGIRSU.....	28
Ley N° 25.916	29
Ley N° 25.675	29
LEYES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	30
Resolución 1142/02.....	30
Resolución 1143/02.....	30
Ley N° 11.723	30

Ley N° 13.592	30
NORMATIVAS MUNICIPALES.....	31

Capítulo IV: Los Sistemas de Información Geográfica y la Técnica de

Evaluación Multicriterio..... 33

CONCEPTOS GENERALES	34
¿Qué es un Sistema de Información Geográfica?.....	34
BREVE HISTORIA DE LOS SIG	37
¿COMO FUNCIONA UN SIG?.....	40
APLICACIONES	41
Medio ambiente y Recursos Naturales	41
Inventarios y Catastro	42
Gestión de Infraestructuras Básicas.....	42
Infraestructuras de Transporte	42
Gestión territorial.....	43
Demografía	43
Geomarketing (Análisis de Mercado).....	43
LIMITACIONES.....	44
LA TÉCNICA DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO	44
¿Que es la Evaluación Multicriterio?	44
Los Sistemas de Información Geográfica y la Evaluación Multicriterio	45

Capítulo V: Metodología 47

ETAPA 1	48
ETAPA 2	48
Área urbana del Partido	50
Distribución geográfica de escuelas rurales	53
Pozos de extracción de agua de Obras Sanitarias del Estado (OSSE)	55
Hidrología superficial.....	57
Aeropuerto	60
Aeroclubes	61
Pendiente del terreno	62
Profundidad del agua subterránea.....	64
ETAPA 3	65

Área Urbana.....	66
Distribución geográfica de escuelas Rurales	67
Pozos de extracción de agua de Obras Sanitarias del Estado (OSSE)	67
Hidrología Superficial	68
Aeropuerto	70
Aeroclubes	70
Pendiente del terreno	71
Profundidad del agua subterránea.....	72
ETAPA 4	73

Capítulo VI: Proyección demográfica y cálculo del área necesaria para el emplazamiento de un Relleno Sanitario 75

FÓRMULAS	76
CÁLCULOS	77
Proyección de la población del Partido de General Pueyrredón al año de elaboración del proyecto	78
Proyección de la población del Partido de General Pueyrredón al año 2025.....	79
DATOS A TENER EN CUENTA PARA REALIZACIÓN DEL CÁLCULO.	82
CÁLCULOS	84

Capítulo VII: Resultados 90

Escenario 1	93
Escenario 2	96
Escenario 3	99

Capítulo VIII: Conclusiones..... 103

Anexos..... 106

ANEXO 1	107
ANEXO 2	108
ANEXO 3	110
ANEXO 4	111
ANEXO 5	112
ANEXO 6	114

ANEXO 7	115
---------------	-----

Bibliografía.....	118
--------------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y limitaciones de los rellenos sanitarios.	23
Tabla 2. Proyección demográfica desde la actualidad hasta el año 2025.	80
Tabla 3. Cantidad de residuos que llegan diariamente al predio de disposición final durante la temporada baja.....	82
Tabla 4. Cantidad de residuos que llegan diariamente al predio de disposición final durante la temporada alta.....	83
Tabla 5. Total de población estable por día en temporada baja y temporada alta.	83
Tabla 6. Cantidad de residuos producidos por habitante en un día.	85
Tabla 7. Cantidad total de residuos generados en temporada alta y temporada baja	86
Tabla 8. Volumen total de residuos en el relleno sanitario.....	87
Tabla 9. Resumen de datos calculados.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método de trinchera o zanja para construir un relleno sanitario.....	22
Figura 2. Método de área para construir un relleno sanitario.....	22
Figura 3. Concepto de capas.....	35
Figura 4. Componentes básicos de los SIG	35
Figura 5. Mapa del área urbana del Partido de General Pueyrredón.....	50
Figura 6. Mapa de escuelas rurales del Partido de General Pueyrredón	54
Figura 7. Pozos de extracción de agua potable del Partido de General Pueyrredón	55
Figura 8. Arroyos del Partido de General Pueyrredón.....	57
Figura 9. Lagunas del Partido de General Pueyrredón.....	58
Figura 10. Aeropuerto del Partido de General Pueyrredón	60
Figura 11. Aeroclubes del Partido de General Pueyrredón	61
Figura 12. Mapa de curvas de nivel del Partido de General Pueyrredón	63
Figura 13. Mapa de pendientes del terreno del Partido de General Pueyrredón	63
Figura 14. Mapa de profundidad de agua subterránea del Partido de General Pueyrredón	65

Figura 15. Mapa de distancia mínima al área urbana del Partido de General Pueyrredón.....	66
Figura 16. Mapa de distancia mínima a escuelas rurales del Partido de General Pueyrredón	67
Figura 17. Mapa de distancia mínima a pozos de extracción de agua de OSSE.....	68
Figura 18. Mapa de distancia mínima a arroyos del Partido de General Pueyrredón	69
Figura 19. Mapa de distancia mínima a lagunas del Partido de General Pueyrredón	69
Figura 20. Mapa de distancia mínima al aeropuerto del Partido de General Pueyrredón	70
Figura 21. Mapa de distancia mínima a los aeroclubes del Partido de General Pueyrredón ..	71
Figura 22. Mapa de pendientes máximas permitidas	72
Figura 23. Mapa de profundidad mínima permitida de agua subterránea	73
Figura 24. Multiplicación binaria de los mapas raster.	74
Figura 25. Relleno sanitario	81
Figura 26. Volúmenes para el vertido de residuos.	88
Figura 27. Resultado del modelo desarrollado	91
Figura 28. Resultado del modelo desarrollado sincronizado con Google Earth.	92
Figura 29. Escenario 1.....	93
Figura 30. Calle 515, acceso al Escenario 1	94
Figura 31. Uso de suelo Escenario 1.....	94
Figura 32. Escenario 2.....	96
Figura 33. Ruta 88, acceso al Escenario 2.....	97
Figura 34. Uso de suelo Escenario 2	97
Figura 35. Escenario 3.....	99
Figura 36. Acceso al Escenario 3	100
Figura 37. Uso de suelo, Escenario 3	100

Capítulo I

Introducción, Objetivos y
Antecedentes.

INTRODUCCIÓN

La gestión de los residuos generados por las actividades humanas y las aplicaciones tecnológicas constituye uno de los desafíos más importantes para políticos, técnicos y científicos, que están buscando una solución correcta, o al menos aceptable, a la cuestión de minimizar los impactos que se producen en el medio natural y social.

Se trata de un problema inherente a la actividad humana, de muy difícil solución definitiva. “La necesidad de apartar los residuos se remonta a los orígenes del propio hombre, adquiriendo valores críticos crecientes a medida que la humanidad abandonaba la vida nómada, adoptando la vida sedentaria y, sobretodo, urbana” (Consoni, 2000).

La problemática actual, se ve agravada por el incesante aumento y concentración de la población en ciudades que se ven obligadas a aumentar su desarrollo industrial y producción a gran escala para satisfacer las necesidades de sus habitantes.

Tales actividades traen como consecuencia un aumento en la generación de residuos que deben ser devueltos al sistema natural de donde fueron extraídas las materias primas que los generaron.

El término residuos, es asociado a algo indeseado, que se procura mantener lo más alejado posible de la casa, del trabajo o de lugares frecuentados. Este fenómeno social es conocido como síndrome NIMBY (No En Mi Patio Trasero, del inglés “Not In My Back Yard”). A esto se le agrega, que los territorios potencialmente disponibles comienzan a escasear debido al aumento de las zonas urbanas de alta densidad poblacional, lo que hace que la selección del sitio apto para la disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) sea realmente un problema que deben enfrentar los municipios para garantizar la conformidad social y mantener el equilibrio natural.

La problemática del deterioro ambiental generado por la inadecuada disposición de los RSU es común a la mayoría de las ciudades de América Latina. Por ejemplo, como sucede actualmente en Argentina, este deterioro se agrava bajo condiciones de crisis socioeconómica desfavorable ya que se reducen los controles y aumentan los riesgos sanitarios y de contaminación.

El Partido de General Pueyrredón presenta características identificatorias respecto a la producción de residuos por tratarse de un área turística de 564.056 habitantes¹, cantidad que

¹ Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Censo 2001

umenta significativamente en épocas estacionales. Se producen en promedio 1 Kg. de *residuos urbanos* por habitante y por día, siendo el 50% de éstos, *residuos domiciliarios*; según un estudio realizado por Menna *et al* (2001), la tasa de producción de residuos domiciliarios es de 467 ± 14 gramos por habitante y por día.

En la actualidad, en Mar del Plata, ciudad cabecera de dicho Partido, los residuos sólidos domiciliarios tienen una recolección diaria no diferenciada y son llevados directamente al predio de disposición final por la empresa Transportes 9 de Julio S.A. quien esta a cargo de la recolección, transporte y disposición final de los mismos.

No obstante, el predio actual se encuentra colmado desde hace más de cinco años. Ante las dificultades de obtener el certificado de aptitud ambiental para el predio definitivo en el cual instalar un relleno sanitario, el Concejo Deliberante decide utilizar el terreno lindero al operado actualmente. De este modo, se creía haber encontrado una manera de ponerle fecha de cierre al predio actual, cuyo colapso no sólo implica un riesgo ambiental, sino también para la integridad física de quienes trabajan en él (Jacob, 2005).

Hoy en día, los rellenos sanitarios ofrecen la mejor manera de reducir el impacto ambiental generado por los residuos de origen antrópico ya que, una buena construcción y manejo, garantiza la reducción de olores, proliferación de vectores sanitarios, voladuras de bolsas, incendios, etc. mitigando así, los impactos potenciales en la salud de los operantes y vecinos. El relleno sanitario es un método usual de disposición final de RSU que emplea principios de ingeniería para confinarlos en la menor superficie posible, reduciendo su volumen a un mínimo y cubriéndolos con tierra con una frecuencia apropiada.

Sin embargo, la selección de los sitios aptos donde ubicar un relleno sanitario es una tarea compleja que requiere de un detallado estudio previo en el cual se deben tener en consideración variables sociales, económicas, ambientales, así como también planes de desarrollo local y ordenamiento territorial impuestos por las normativas vigentes. Hay que tener en cuenta que un área adecuada significa menos riesgos al medio ambiente y a la salud pública, pero también, significa menos gastos de instalación, operación y cierre de la obra.

Para la evaluación y selección de los sitios aptos donde emplazar un relleno sanitario, es necesario realizar un análisis detallado de las variables socio-ambientales a tener en cuenta, para prevenir de esta manera, el impacto negativo al ambiente y a la salud pública. Por tales motivos, sería necesario utilizar una herramienta que pueda tomar en consideración tales aspectos en forma integral y dinámica, y que permita una visualización de todas esas variables juntas en el terreno y de un solo paso. Para ello, considero importante el desarrollo de un

modelo geo-espacial, generado a partir de la integración de una técnica de Evaluación Multicriterio (la evaluación booleana) con un Sistema de Información Geográfica (SIG), para conformar de esta manera, una potente herramienta que puede ser utilizada para entender las relaciones existentes en información geo-espacial, para la toma de decisiones.

Teniendo en cuenta la necesidad de generar alternativas para la disposición de los RSU y conociendo la importancia que ello representa (en particular en el Partido de General Pueyrredón), en este Trabajo se pretende realizar el desarrollo general del modelo nombrado, y mostrar los resultados específicos obtenidos luego de la aplicación de las técnicas mencionadas anteriormente. De esta manera se intentará demostrar que las variables utilizadas, pueden ser combinadas para la visualización de alternativas, excluyendo las zonas no aptas para el emplazamiento del relleno sanitario. Los sitios apropiados serán claramente identificados en un mapa de resultados.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Aplicar una herramienta de evaluación multicriterio para identificar distintas zonas potenciales para el emplazamiento de un relleno sanitario.

La localización del sitio de disposición final de residuos es uno de los desafíos más importantes dentro de las actividades de la Gestión Integral de los RSU; debe estar de acuerdo con los criterios de planificación de la zona elegida, aquellos que tienen en cuenta restricciones en materia de seguridad, medio ambiente, problemática social y técnica. Dichas variables hacen que la identificación de las zonas sea una tarea sumamente compleja y de suma importancia para lograr reducir los conflictos sociales que genera el efecto NIMBY.

Objetivos Específicos

- Generar una **metodología** basada en la normatividad ambiental y en la utilización de un Sistema de Información Geográfica que permita evaluar las zonas potencialmente aptas que presenta el Partido de General Pueyrredón para la Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos.

Ante el agotamiento de la vida útil del único predio con el que hoy cuenta la región para la disposición final de los RSU, surge la necesidad de determinar un sitio ambientalmente apto donde colocar un relleno sanitario que permita mitigar los impactos negativos generados por dicha actividad.

- Realizar una proyección demográfica para determinar el volumen de residuos sólidos a disponer a largo plazo en el Municipio de General Pueyrredón.

- Realizar un cálculo estimado del área que será necesaria a largo plazo para el emplazamiento de un relleno sanitario en el Partido de General Pueyrredón.

ANTECEDENTES

Para la realización de este trabajo será necesario saber y comprender cual es, y cual ha sido, la problemática de la disposición final de los RSU en el Partido de General Pueyrredón. De esta manera, podrá evitarse inconvenientes previamente experimentados y tener en consideración las variables que hacen que la selección del sitio para disponer los residuos sea verdaderamente un problema complejo que debe ser resuelto en forma multidisciplinar (García R., 1994).

Área de estudio

El Partido de General Pueyrredón (Anexo 1) se extiende sobre una superficie de 1.453,44 km² y su densidad media es de 366,6 habitantes/km² (Censo 2001). La ciudad cabecera del Partido, Mar del Plata, se encuentra ubicada sobre el Mar Argentino en la zona sudeste de la Provincia de Buenos Aires de la República Argentina. Dicha ciudad se encuentra a: 38°00' latitud Sur y 57°33' longitud Oeste (referencia tomada desde la Plaza San Martín).

Según el último Censo Poblacional (año 2001) realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), el Partido de General Pueyrredón cuenta con 564.056 habitantes cifra que representa un aumento del 5,6% con respecto al Censo realizado en 1991. De esa cantidad, la comunidad de Mar del Plata alberga aproximadamente el 96% (541.857 habitantes).

La población del Partido ha aumentado en 240.706 habitantes en los últimos 30 años (Anexo 2). En décadas pasadas Mar del Plata ha tenido una tasa de crecimiento poblacional más elevada que la media nacional, atribuible a los flujos migratorios y las oportunidades que brinda la estacionalidad estival. Los aumentos poblacionales registrados en los Censos sucesivos provocan, entre otras cosas, un aumento en la generación de residuos que agrava la problemática que la ciudad de Mar del Plata presenta por no poseer una gestión oficial de residuos.

En cuanto a sus límites, el Partido de General Pueyrredón encuentra: al Noreste: el Partido de Mar Chiquita; al Sudoeste: el Partido de General Alvarado; al Sudeste: el Mar Argentino, al Noroeste: el Partido de Balcarce.

La infraestructura de transporte permite a la ciudad disponer de excelentes vinculaciones viales, ferroviarias y aéreas con la ciudad de Buenos Aires, con los principales centros de la Provincia y con los otros estados provinciales del país.

Cuenta con 3 rutas provinciales y una autopista (la autovía N°2) que la comunica con Capital Federal; una nueva estación ferro-automotora (obra que comenzó en el 2009 y se encuentra en proceso de finalización) que integrará los servicios ferroviarios con la estación de ómnibus, la cual permite ampliar la comodidad y la capacidad receptora de servicios de distintos lugares del país y en la que comercializan pasajes gran cantidad de compañías; un aeropuerto internacional (Aeropuerto Internacional Astor Piazzolla) en la que operan 6 empresas de aeronavegación con más de 130 servicios mensuales y un puerto artificial de aguas profundas que, además de ser fundamental para la actividad pesquera, en su escollera norte permite anclar los barcos de paseo.

Desde 1947 la localidad de Mar del Plata se ubica en el séptimo puesto por su rango-tamaño entre las aglomeraciones mas pobladas de la República Argentina, asumiendo las características de un aglomerado de tamaño intermedio mayor (mas de 500.000 habitantes permanentes) en la década de los años noventa (Lucero, 2004).

¿Cual ha sido la problemática de la disposición final de los RSU en el Partido de General Pueyrredón?

Si se tiene en cuenta los hechos que acontecieron desde las primeras licitaciones abiertas que disputaban el servicio de recolección y disposición final de los residuos, podría decirse que el Partido de General Pueyrredón ha tenido serios inconvenientes.

El gran negocio que los empresarios han encontrado detrás de la prestación de este tipo de servicio, ha llevado a que se pierda el objetivo de lograr mejorías en los mismos ya que la mirada solo estaba en “ser el ganador de las licitaciones” para así poder cobrar uno de los cheques mas caros que puede llegar a firmar un Municipio. Tal afirmación queda reflejada en artículos como el publicado por el Diario Clarín en el año 2008², donde decía:

“crece la pelea por el millonario negocio de la basura. [...] algunos municipios del conurbano bonaerense pagan unos 50 millones de pesos para que se junten los residuos. Estas cifras representan entre un 20 y un 30 % de sus presupuestos [...] el intendente de Quilmes Francisco Gutierrez amenaza con volver a tener un servicio de recolección de basura municipal. Las dos empresas que operan en el distrito (Covelia y Cliba) cobran 3.600.000 pesos por mes y según fuentes de la intendencia, están reclamando una suba del 67 por ciento”.

El problema de la disposición final de residuos en el Partido de General Pueyrredón tiene sus orígenes en la década de los 60’s donde se llevo a cabo la primera licitación sobre el servicio de recolección de los RSU. En esta primera ocasión el servicio fue adjudicado a la empresa Venturino Hnos., que utilizó una fracción de campo en el Km 9 de la ruta provincial 88 (Anexo 3) para realizar la disposición final de los residuos. En aquel tiempo todavía no había leyes ambientales que regularan como en la actualidad la recolección, transporte y disposición final, y por lo tanto el servicio no se realizaba con las exigencias que hoy son requeridas a la hora de llevar a cabo este tipo de servicios.

La empresa Venturino Hnos. estuvo nueve años operando hasta que en 1969 se llama a licitación nuevamente. La firma que salió adjudicada fue la misma y el lugar de disposición también continuó siendo el que hasta ese momento se utilizaba. Un año mas tarde, la empresa se trasladó al predio de la ruta 88 Km 6,5 (Circunscripción IV de Partido, parcela 122ac) (Anexo 3) que fue utilizado hasta junio de 1975. Este predio fue cerrado (es decir, que desde esa fecha no se dispusieron mas los residuos en ese sector) pero no ha sido recuperado. Con el tiempo, el terreno fue adoptando una “apariencia normal”, sin rastros a la vista de desperdicios, condición que llevo a fines de los 80’s, a construir el complejo recreativo Waterland. Este complejo contaba con piletas de distintos tamaños (algunas climatizadas),

² THIEBERGER Mariano, “Crece la pelea entre los intendentes y Moyano por el negocio de la basura”, *Diario Clarín* (Mar del Plata, domingo 25 de mayo de 2008).

toboganes acuáticos, servicio de bar y restaurante, etc., un ambicioso proyecto para toda la familia pero que finalmente tuvo serios problemas. El escaso conocimiento sobre el comportamiento de los residuos post-cierre de un vertedero, es decir básicamente, la generación de biogás, escurrimiento de lixiviados y el asentamiento diferencial del terreno provocado por la descomposición de la materia orgánica, provocó la infiltración de gas metano en un bungalow del complejo en el cual se produjo una explosión y muerte de una persona. En los casos en que se ha intentado recuperar terrenos rellenos con residuos, (como ocurrió con éste predio) se ha hecho sin venteo previo, y ha provocado explosiones por concentración de gas metano (Del Río *et al*, 1992)

En 1975 el predio de disposición final se cambió nuevamente. Se localizó en el Paraje El Goyín de la localidad de Batán (Circunscripción IV de Partido, parcela 361c) (Anexo 3) en una cantera de cuarcita, lo cual trajo aparejado una serie de perjuicios a una cantera vecina. Ante esto se resolvió que este predio en el cual se pretendía realizar un relleno sanitario, no cumplía con ninguna de las premisas necesarias para este tipo de operatoria, ya que se utilizaban equipos precarios, se operaba en forma discontinua, no existía infraestructura básica, no se había previsto un sistema hidráulico para evacuar las aguas de lluvia, y tampoco se realizaban las tareas propias de la actividad. Ante esta situación, el Municipio recomendó a la empresa la suspensión de la disposición final de residuos en dicha zona, y que los que existían fueran cubiertos. De esta manera, se dio final a la operatoria en este predio.

Cuatro años mas tarde, durante el año 1979, se realizó un nuevo llamado a licitación para lo cual se incorporaron en el pliego correspondiente (Expte. 16481/V/78), una serie de pautas destinadas a mejorar las condiciones en que se debía realizar la disposición final de los RSU. Habiéndose rechazado un predio que se encontraba en las nacientes del arroyo Las Brusquitas, el lugar para la disposición final fue instalado en la parcela 335an de la Circunscripción IV (Anexo 3).

Hasta ese entonces, los servicios de recolección y disposición final eran licitados en un mismo pliego. Por primera vez, en 1992, se llamó a licitación por separado. En primer lugar, se le adjudicó el servicio de disposición final a la empresa Ecología Urbana S.A. Luego, se rescindió el contrato ya que ésta no poseía un terreno nuevo para la instalación del relleno sanitario, requisito obligatorio que imponía la licitación. Finalmente, en un proceso cargado de sospechas, en 1993 fue contratada la empresa Venturino Eshur la cual utilizaría para verter los residuos el mismo predio que había utilizado desde fines del año 1979. Tanto las empresas Venturino Eshur como Transportes 9 de Julio, fueron adjudicadas para el servicio de

recolección, la primera para la zona norte de la ciudad y la segunda para la zona sur de la misma.

En referencia al “predio Venturino” se menciona que se trata de “un gran depósito de residuos, con cota suficientemente alta como para modificar las escorrentías superficiales ya que supera la altura original del terreno (Del Río *et al*, 1992).

De esta manera, el 20 de septiembre de 1993, la Municipalidad declaró el estado de emergencia en el servicio de disposición final de RSU y patogénicos. Finalmente, el 1 de mayo de 1994 y por el decreto 527, se adjudica por contratación directa, el servicio a la U.T.E I.M.E.P.H.O. S.A. - Conrado Iglesias Niembro (CIN) S.R.L. en las parcelas 335q y 335t de la Circunscripción IV (Anexo 3) por un lapso de seis meses. Hoy en día, este predio se sigue utilizando para depositar los residuos del Municipio.

Según la Dirección de Estudios Ambientales (Expediente 37436-3-93 fs 385, con fecha 25 de abril de 1994) desde el punto de vista geológico-ambiental, este predio es sumamente desfavorable para la disposición final de residuos. Las sucesivas inspecciones municipales indicaron el incumplimiento del Pliego de Bases y Condiciones que había firmado la empresa.

Las tratativas para conseguir un predio apto y mejorar el servicio no cesaron. La situación era más que crítica. Las 16 hectáreas que ocupaba el basural solo estaban destinadas a albergar residuos transitoriamente por un corto período pero con el paso de los años se seguía utilizando.

En los cuatro años siguientes, directivos municipales realizaron intentos de compra de un predio pero sus tratativas fracasaron.

Con este panorama, la Municipalidad, en 1999, adquirió un inmueble a unos 100 m hacia el sur (Circunscripción IV, parcela 335bc) (Anexo 3) donde construyó un relleno sanitario en el cual se realizaría la disposición final durante este estado de emergencia. Éste predio está siendo operado por la empresa Transportes 9 de Julio S.A desde el año 2000 hasta la actualidad. En el mismo, se depositaron residuos sólidos considerados inertes (restos de poda, ramas, limpieza de espacios verdes, residuos de construcción y demolición, etc.).

“El basurero reviste el carácter de alternativo: se lo empezó a utilizar en diciembre de 2000 y aunque tenía autorización de la Secretaría de Política Ambiental bonaerense por 180 días, actualmente los camiones siguen descargando los residuos urbanos allí”. Así lo expresa Guillermo Villarreal en un artículo³ publicado en el diario Clarín.

³ VILLARREAL Guillermo, “La justicia ordeno cerrar un basurero a cielo abierto en Mar del Plata”, *Diario Clarín*. (Mar del Plata, jueves 17 de febrero de 2005).

En este contexto, el 28 de julio de 2000 se realizó la primera Audiencia Pública Consultiva, en donde se promovió propuestas y modificaciones en el Pliego de Bases y Condiciones. En el mismo año, se creó la Comisión Permanente de Seguimiento y Monitoreo Ambiental (CPSyMA) del Partido de General Pueyrredón para propiciar la participación ciudadana.

A fines del año 2000, la Municipalidad se abocó de lleno para hacer un nuevo llamado a licitación de convocatoria nacional, que permitiera disponer de un nuevo predio en el cual realizar una disposición final con técnicas de relleno sanitario. Este tema aún no ha sido resuelto siguiendo las exigencias de la normativa sanitaria.

Las licitaciones siguientes no tuvieron resultados debido al rechazo de los vecinos y a que uno de los predios propuestos por la empresa no consiguiera el Certificado de Aptitud Ambiental.

Ante estos acontecimientos, a través del Decreto N° 1311 de junio del 2002, el Municipio se hace cargo de la operatoria del actual predio de disposición final de residuos, con equipamiento y personal municipal, situación que continúa en la actualidad en el predio de la U.T.E. I.M.E.P.H.O - CIN S.R.L. el cual es alquilado por el Municipio.

En enero de 2005, a través de la Ordenanza 16.593, se crea el Comité Técnico para la redacción de una Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Partido de General Pueyrredón.

En febrero de 2005, la justicia a través del juez en lo Civil y Comercial del Juzgado N° 11 Enrique Arbizu, intimó a la Municipalidad del Partido de General Pueyrredón para que se tomen las medidas necesarias en la disposición de los residuos en el predio actual. Además ordenó que se tomen medidas de reparación ambiental y protección de la salud pública. De no cumplirse con la medida, el municipio deberá pagar 5.000 pesos diarios como multa (arts. 37 del CPCC⁴ y art. 666 bis del CC⁵) por el daño ambiental producido por el predio de residuos.

Por otra parte, en respuesta al recurso de amparo presentado⁶ por la docente Margarita Pérez, directora de la escuela 44, y el dirigente vecinalista Juan Carlos García, el juez decretó:

Llevar a cabo una medida cautelar ecológica transitoria que conllevará la posibilidad de ser ampliada en orden al desarrollo de las circunstancias fácticas, por la cual se libraré oficio a la Municipalidad de General

⁴ Código Procesal Civil y Comercial.

⁵ Código Civil.

⁶ Expediente N° 22568 – JCC11. Mar del plata, 11 de febrero de 2005.

Pueyrredón, haciéndosele saber en la persona del Sr. Intendente, de la prohibición de innovar fáctica jurídica respecto al cambio de predio a los fines de la disposición final de RSU, hasta nueva orden judicial, bajo apercibimiento de desobediencia judicial.

A continuación cito algunos fragmentos relevantes expresados en dicho recurso de amparo:

“durante los últimos cinco años absolutamente nada conducente se ha decidido y/o consumado a fin de solucionar la cuestión de la disposición final de los RSU” [...] “han transcurrido mas de cuatro años de demora y omisión injustificadas, con el riesgo de la salud pública” [...] “se han intentado posibles negociados a favor de intereses particulares con la intervención de funcionarios con poder de decisión” [...] “se ha generado un campo propicio para que el municipio efectúe contrataciones desventajosas para sus intereses. Todo ello se encuentra investigado en sede criminal (IPP N° 181.620; Fiscalía General)” [...] “respecto al PREDIO IMEPHO ALTERNATIVO, se constató afloramientos de cuarcitas con diaclasamiento, con riesgo de ruptura de membrana y consiguiente percolación de lixiviado” [...] “de estudios de la Universidad de Mar del Plata, surge que el lugar se encuentra fuera de la zona de aptitud geológica” [...] “el predio IMEPHO alternativo no era (ni es) apto geológica y ambientalmente para la disposición final de residuos”.

En marzo de 2005, a partir de la medida cautelar establecida, el Municipio se comprometió a:

- Completar el cerco perimetral.
- Control y muestreo a cargo de OSSE del líquido lixiviado.
- Cubrir con tierra el 50% de la basura que hay sin cobertura.
- Compra de máquinas nuevas.
- Fumigaciones, instalando una máquina de bajo volumen.
- Canalizar los líquidos en zanjas a piletones, y contratar una empresa de residuos especiales para que los lleve fuera de la ciudad para su tratamiento.
- Controlar las voladuras diarias de elementos livianos transportaos por el viento.

A fines de marzo del 2005, la CPSyMA había determinado el estado alarmante en que se encontraba el predio, aunque ya se conocía por parte Intendente Daniel Katz el estado de emergencia que el Municipio atravesaba en relación a la disposición final de residuos. Las principales observaciones negativas que se hicieron en el informe de esa fecha fueron:

- Debido a la cantidad de residuos, hay cada vez menor cantidad de espacio perimetral para realizar acciones de control o remediación.
- Las instalaciones de acopio de los recuperadores informales se encuentran a la vera del camino y en la parcela lindante.
- Persiste la falta de servicios sanitarios y de higiene para los recuperadores informales.
- Se verificó una considerable escorrentía de líquidos lixiviados.

La situación se agravaba. En noviembre del año 2005, los choferes de los camiones recolectores se rehusaron a seguir depositando residuos en el predio porque consideraban que era un riesgo muy alto seguir manipulando residuos en “esa montaña de basura” a punto de colapsar. Por lo tanto, los camiones ya no entraban al predio sino que, los residuos recolectados eran depositados en el camino sobre el que está emplazado el predio; luego, empleados municipales los recogían mediante maquinaria y los depositaban en el interior sobre una plataforma de emergencia.

El presente

El sistema actual de manejo de residuos domiciliarios que se realiza en la ciudad de Mar del Plata consiste en la recolección puerta a puerta de los mismos, los cuales no poseen ningún tipo de separación en origen (es decir, básicamente, que no se separa lo orgánico de lo inorgánico).

La recolección es llevada a cabo por camiones compactadores de la empresa Transportes 9 de Julio S.A, la cual brinda el servicio durante todo el año con frecuencia 3, 5, 6 y 7⁷. Los residuos son llevados al predio de disposición final que fue citado anteriormente como de propiedad de la U.T.E I.M.E.P.H.O. S.A. - CIN S.R.L situado a unos metros de la Avenida Antártida Argentina (Circunscripción IV-Rural Intensiva, parcelas 335q y 335t). El mismo, es a cielo abierto y los residuos se depositan sin tratamiento alguno y no posee cobertura diaria.

⁷ Los residuos son recolectados en las viviendas 3, 5, 6 o 7 veces a la semana.

En el predio no sólo entran camiones compactadores provenientes de la recolección de la ciudad sino que también tienen acceso contenedores almejeros de las distintas empresas que recolectan los residuos de poda, así como también camiones y camionetas particulares.

Como expresa García (2004) y de acuerdo con declaraciones de encargados municipales (vertidas en el marco de la I. Reunión de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio para el Mercosur organizada por el Centro de Geología de Costas y del Cuaternario de la Universidad Nacional de Mar del Plata), el aumento de los residuos supera al del crecimiento de la población y se requiere cada vez mayor presupuesto para una adecuada gestión. Ésta situación financiera se hace mas grave si se considera que como lo han expuesto varios integrantes del Honorable Concejo Deliberante, la tendencia del presupuesto municipal viene descendiendo desde 1993 a la fecha.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, se puede observar que seleccionar el sitio apto para el emplazamiento de un relleno sanitario ha sido una problemática que lleva más de diez años y que todavía no se ha solucionado.

La ubicación de áreas para realizar instalaciones de manejo de RSU, es un problema complejo en cualquier parte del mundo, principalmente por el rechazo de la comunidad.

El Partido de General Pueyrredón no escapa a esa realidad. No se trata exclusivamente de lo que genera el basural in- situ, sino también de todos los trastornos que acarrea y los efectos nocivos que genera. La presencia de roedores e insectos típicos de los desperdicios provocan afecciones tales como la del cólera, los distintos tipos de hepatitis y diversidad de alergias.

Desde la óptica del Medio Ambiente, el basural a cielo abierto genera la contaminación de los diferentes estratos de aire e incluso del campo visual. La basura que se quema provoca gases tóxicos que contaminan la atmósfera, el lixiviado generado provoca la contaminación del suelo así como también el agua subterránea.

En lo social, provoca el éxodo de las comunidades que viven en las zonas cercanas a los grandes centros de depósito de basura. A ello se le suma el consumo de agua en mal estado y la constante contaminación visual que implican los desechos tirados sin ningún tipo de orden ni limpieza (Atena. L, 2007).

Actualmente, la comunidad está al tanto del problema que representa este tipo de actividades y en general, apoyan las decisiones de utilizar recursos para mejorar la gestión de los residuos. No obstante, cuando se enteran que la solución involucra territorialmente a su vecindario, levantan demandas contra las autoridades en contra las decisiones técnicas que se

han tomado. Este fenómeno NIMBY, ya esta instalado en las sociedades.

Capítulo II

Los Rellenos Sanitarios

LOS RELLENOS SANITARIOS

INTRODUCCIÓN

Debido al continuo crecimiento de las ciudades, y en consecuencia al aumento en la generación de residuos, el desafío al que se enfrentan los municipios o las empresas destinadas a la limpieza urbana, no solo se limita a recoger los desperdicios de la vía pública y de los domicilios particulares, sino que también debe asegurar un destino final adecuado para los mismos.

Cuando la recolección es ineficiente, la población ejerce presión sobre los directivos municipales para que se mejore la calidad del servicio ya que se trata de una actividad expuesta y visible. Por otra parte, si la disposición final de los residuos se hace en forma inadecuada, serán pocas personas las que adviertan esa situación y por consiguiente será menor la presión ejercida.

Teniendo en cuenta que en muchos casos se cuenta con un presupuesto reducido, como sucede en muchas municipalidades de América Latina y el Caribe, el sistema de limpieza urbana no durará en relegar la disposición final a un segundo plano, dando prioridad a la recolección y a la limpieza de la vía pública (Penido Monteiro *et al*, 2006).

Por este motivo, es común observar en muchas localidades y en especial en las más pequeñas, la presencia de basurales a cielo abierto que son lugares donde los residuos recolectados son depositados directamente sobre el suelo sin ningún control y sin ningún tipo de cuidado ambiental. Este tipo de disposición final acrecienta la amenaza de contaminación tanto del suelo, del aire, así como también del agua tanto superficial como subterránea de la zona. Los basurales, además de los problemas sanitarios (proliferación de vectores sanitarios, malos olores, voladuras de bolsas, etc.) y ambientales (modificación del paisaje existente, desvalorización de las tierras, contaminación de aire, suelo y agua, etc.) que ocasionan, son también un “serio problema social ya que atraen a los segregadores que hacen de la clasificación de los residuos reciclables un medio de subsistencia, muchas veces habitando en el área del basurero, hasta inclusive, formando pequeñas comunidades” (Penido Monteiro *et al*, 2006).

Ante esta situación, se comenzó a utilizar una nueva forma de disposición de los RSU que pretendía ser social y ambientalmente aceptada. Es así como surgen los rellenos sanitarios

como obras de ingeniería capaces de minimizar el impacto ambiental negativo causado por el vertido de los residuos.

En 1930 comenzó a utilizarse, por primera vez, en los Estados Unidos la expresión “relleno sanitario” (en inglés: sanitary landfill). Fue en la ciudad de Fresno, California, que surgió este término para designar “la cubierta diaria de los residuos y la supresión de su quema”. En 1948 se inauguró en Nueva York, en el distrito de Staten Island, el relleno sanitario de Fresh Kills. Después de más de 50 años en operación, fue cerrado en marzo de 2001 y llegó a extenderse en una superficie 12.140 kilómetros cuadrados con una altura aproximada de 150 metros. Se convirtió en el destino final de casi todos los residuos producidos por Nueva York durante ese tiempo; fue el relleno sanitario más grande del mundo hasta nuestros días.

Estas instalaciones son un componente esencial de toda gestión integral de residuos sólidos urbanos y forman parte de los complejos ambientales modernos. Esta técnica, es la alternativa mundialmente más utilizada para los residuos que no pueden ser reciclados ni compostados.

PRÁCTICAS INADECUADAS EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RSU

Existe una cantidad de inadecuadas formas de disposición final que surgen en las comunidades, especialmente aquellas en vías de desarrollo.

Como menciona Jaramillo (2002) son inaceptables como prácticas de disposición final de RSU:

- La descarga de residuos en los cursos de agua tales como: lagos, ríos o mares.

Esta práctica está prohibida ya que provoca desequilibrio ecológico debido sobre todo al aumento excesivo de nutrientes y carga orgánica en el agua.

- El abandono en basureros a cielo abierto.

Los basureros a cielo abierto ocasionan serios problemas de salud pública a causa de la proliferación de insectos y roedores transmisores de múltiples enfermedades, así como de los humos que se producen por las continuas quemaduras, los que contribuyen al deterioro estético de las ciudades, y del paisaje natural.

- La quema de los residuos al aire libre.

Cuando los residuos son quemados sin ningún tipo de control, se produce la emanación de gases altamente tóxicos que pueden ocasionar el deterioro de la salud pública de los habitantes que estén cerca de los sectores donde se hace este tipo de prácticas. En muchos casos en donde la recolección de los residuos no se hace en forma frecuente (generalmente en países en vías de desarrollo), es común observar este tipo de acciones que dañan a la salud y contaminan el medio ambiente.

- El uso de los residuos como alimento de animales.

Es altamente riesgoso para la salud humana alimentar a los animales con desechos crudos, a menos que exista un estricto control sanitario. Se puede admitir este tipo de alimentación solo si se garantiza que dichos desechos sean cocinados a una temperatura de 100 °C durante 30 minutos.

PRINCIPALES IMPACTOS NEGATIVOS PROVOCADOS POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Como se mencionó anteriormente, la inadecuada disposición final de los RSU llevada a cabo en basurales a cielo abierto, provocan una innumerable cantidad de impactos negativos que provocan consecuencias adversas a la salud de las personas, así como también la contaminación del ambiente.

Algunos de los problemas normalmente observados en estos sitios y sus respectivas consecuencias son:

- Proximidad a cuerpos de agua produciendo contaminación hídrica superficial.
- Inexistencia de membranas impermeables que eviten la filtración del lixiviado producido. Esto produce un aumento en la peligrosidad de contaminación del acuífero de la zona.
- Inexistencia de instalaciones que permitan recuperar el biogás generado por la descomposición anaeróbica de los residuos, provocando que éste migre hacia a la atmósfera contribuyendo así al incremento del efecto invernadero.
- Falta de cobertura parcial de los residuos volcados. Esto induce a la proliferación de vectores sanitarios, olores, contaminación estética y paisajística.
- Riesgos de incendios. Esto genera contaminación atmosférica producida por gases tóxicos y el consecuente riesgo para la salud de las personas que trabajan en el lugar.

- Falta de barreras físicas (áreas sin cercas), lo que ocasiona el acceso de personas y animales.
- Proximidad a núcleos habitacionales, centros educativos, y guarderías infantiles.
- Actividades de segregación realizadas por mujeres, hombres, ancianos y niños.

Si bien mejorar todas estas cuestiones suponen una inversión económica inicial considerable que en muchos casos no se dispone, es posible evitarlas mejorando el proceso de la disposición final con una técnica adecuada. Hoy en día, los rellenos sanitarios ofrecen esa opción de mejora en el saneamiento y además pueden ser implementados respetando los condicionantes técnicos y ambientales que estén reglamentados en la normativa ambiental vigente.

¿QUE ES UN RELLENO SALITARIO?

Los objetivos y principios de construcción y operación pueden ser descriptos de diferentes maneras.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)⁸ de la Organización Panamericana de la Salud define al relleno sanitario como:

“Técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligros para la salud y la seguridad pública; tampoco perjudica al ambiente su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo mas pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica”.

Por otra parte, y de manera similar, la ASCE (American Society of Civil Engineers) define al relleno sanitario como:

⁸ El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) es la Unidad de Saneamiento Básico del Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (SDE) de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Fue creado en 1968 y desde entonces funciona en Lima, Perú. Su misión consiste en cooperar con los países de las Américas en el control de los factores de riesgo vinculados con las deficiencias o ausencias en saneamiento ambiental básico que, directa o indirectamente, afectan la salud de sus poblaciones.

“Técnica para la disposición final de los residuos sólidos en el terreno, sin causar perjuicio para el ambiente y sin ocasionar molestias o peligros para la salud, ni el bienestar y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en la menor superficie posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable. Los residuos así depositados son cubiertos con una capa de suelo con la frecuencia necesaria de acuerdo con el caudal de ingreso de residuos”.

En pocas palabras, podría decirse que el relleno sanitario se refiere a una obra de ingeniería diseñada para la deposición correcta de los RSU y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros, y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control.

TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS

Según los residuos sólidos dispuestos

- **Residuos sólidos municipales (RSM):** se llama RSM a la combinación de todos aquellos residuos que se originan en los domicilios particulares de las personas que habitan la ciudad, más aquellos generados de la actividad de limpieza pública.

- **Residuos sólidos peligrosos:** regulados por la ley nacional N° 24.051, en la que en el artículo 2 los define como: “todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general”. En particular, y según el anexo 1 de esta ley, serán considerados peligrosos los residuos: explosivos, líquidos inflamables, sólidos inflamables, oxidantes, peróxidos orgánicos, sustancias infecciosas, corrosivas, ecotóxicos, entre otros.

- **Residuos de construcción y demolición:** este tipo de residuos son considerados áridos o inertes.

- **Residuos sólidos industriales:** la gestión de este tipo de residuos esta regulada por la Ley Nacional N° 25.612 (Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios), la que define residuo industrial como: “cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso

industrial, por la realización de una actividad de servicio, o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad, incluyendo eventuales emergencias o accidentes, del cual su poseedor productor o generador no pueda utilizarlo, se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo”.

Según su forma constructiva

El método constructivo de un relleno sanitario está determinado principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen tres maneras básicas de construir un relleno sanitario:

- **Por debajo del nivel original del terreno (método de trinchera o zanja):** Consiste en realizar una excavación en el terreno de manera tal de que los residuos sean volcados en la misma (Figura 1). Este tipo de construcción es idóneo para zonas donde se dispone de una profundidad adecuada del material de cobertura y donde el nivel freático no se encuentra cerca de la superficie. La tierra excavada se utiliza como material de cobertura diaria o final. Usualmente las celdas o zanjas excavadas se revisten con una membrana sintética, con una arcilla de baja permeabilidad, o con una combinación de los dos, para limitar el movimiento de los gases de relleno sanitario y de la lixiviación (Tchobanoglous *et al*, 1998).

- **Por encima del nivel original del terreno (método de área):** Este tipo de construcción se debe realizar en áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar los residuos (Figura 2), esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno (Jaramillo, 2002). En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios, excavado de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo (Jaramillo, 2002).

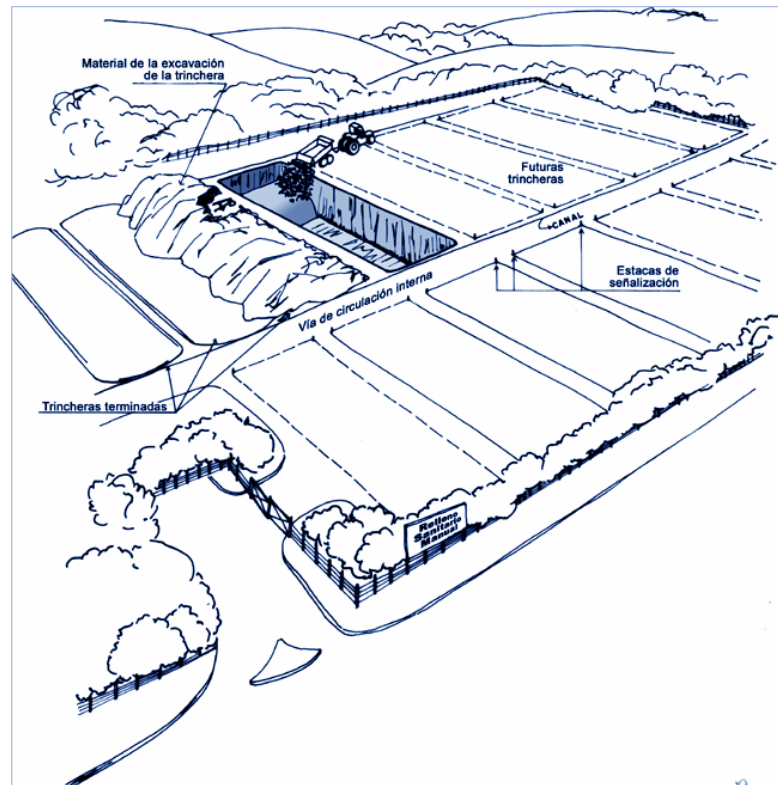


Figura 1. Método de trinchera o zanja para construir un relleno sanitario.
FUENTE: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. CEPIS – Publicaciones

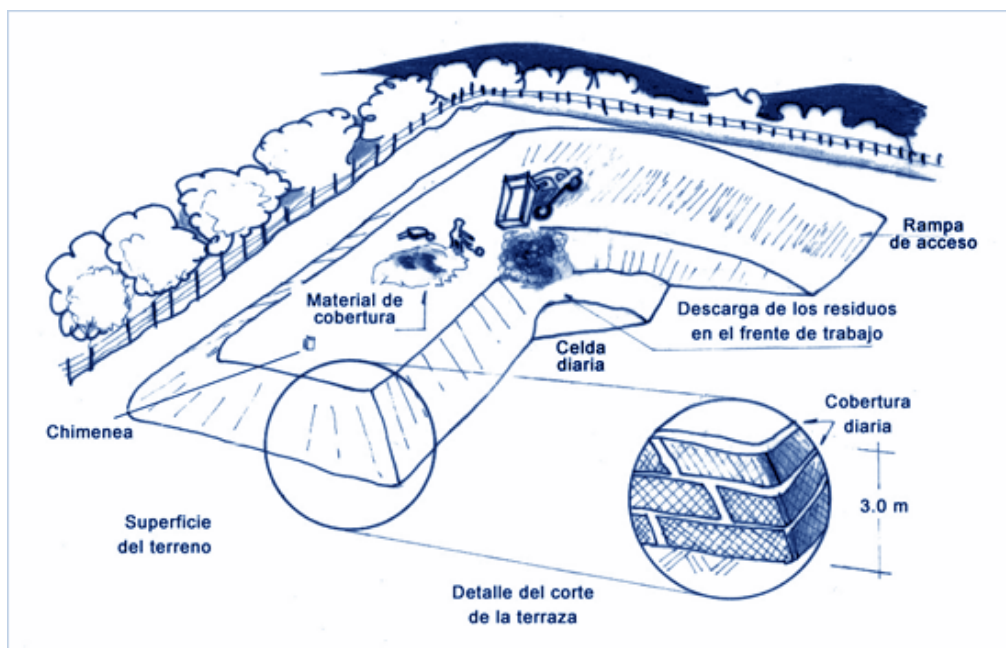


Figura 2. Método de área para construir un relleno sanitario.
FUENTE: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. CEPIS - Publicaciones

- **Combinación de ambos métodos:** Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados. Se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continúa en la parte superior con el de área. Este método es considerado el más eficiente, ya que permite ahorrar el transporte del material de cobertura (siempre y cuando exista en el lugar) y aumentar la vida útil del sitio.

VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS RELLENOS SANITARIOS

Si bien los rellenos sanitarios ofrecen una gran cantidad de beneficios como técnica para la disposición final de los residuos, es necesario considerar que también poseen ciertas limitaciones. La tabla que se muestra a continuación (Tabla 1) es un cuadro comparativo realizado por Jaramillo (2002) en donde se hace referencia lo antes mencionado.

Tabla 1. Ventajas y limitaciones de los rellenos sanitarios.

VENTAJAS	LIMITACIONES
<p>La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compostaje.</p>	<p>La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY, por diversas razones:</p> <ul style="list-style-type: none"> – la falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario. – se asocia el término <i>relleno sanitario</i> al de basurero a cielo abierto. – la evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales que no garantizan la calidad ni sostenibilidad de la obra. – la falta de saneamiento legal del lugar.
<p>Tiene menores costos de operación y</p>	<p>El rápido proceso de urbanización, que</p>

<p>mantenimiento que los métodos de tratamiento.</p>	<p>limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población</p>
<p>Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de Residuos Sólidos Municipales (RSM).</p>	<p>La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones del relleno y el alto riesgo de transformarlo en un basurero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin de asegurar su correcta operación y mantenimiento</p>
<p>Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.</p>	<p>No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc</p>
<p>Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades</p>	<p>La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno</p>
<p>Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.</p>	<p>Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.</p>
<p>Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.</p>	<p>Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos. En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que confluyen al</p>

	sitio y que producen polvo, ruido y material volante. En el vecindario el impacto lo generan los líquidos, gases y malos olores que pueden emanar del relleno.
Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos.	Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.

FUENTE: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Jaramillo (2002).

Capítulo III

Marco Regulatorio

MARCO REGULATORIO

Las regulaciones en materia de ambiente y RSU son cada vez más exigentes; sin embargo, la adopción de las normas de países industrializados puede constituir un obstáculo para dinamizar los procesos en los países en vías de desarrollo, o bien impedir el avance de la gestión de los RSU en caso de que no se adapten a las condiciones locales.

Los municipios son, por ley, los responsables del cumplimiento en su jurisdicción de las políticas ambientales nacionales, así como de la prestación del servicio público de limpieza urbana. De ahí surge la gran importancia de la gestión municipal en el caso de los residuos que se generen en su territorio.

A continuación se citarán las leyes, decretos y ordenanzas que conciernen a la disposición final de los RSU a nivel Nacional, Provincial y Municipal. Cabe destacar que en algunos casos, las normativas mencionadas no hacen referencia estricta a la disposición final en rellenos sanitarios, pero son mencionadas porque forman parte de la normativa ambiental básica referente a los residuos y su gestión y deben ser tenidas en cuenta.

LEYES NACIONALES

1) Constitución Nacional

Artículo 41: Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.

Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales.

Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales.

Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.

Artículo 43: Toda persona puede interponer acción expedita y rápida de amparo, siempre que no exista otro medio judicial más idóneo, contra todo acto u omisión de autoridades públicas o de particulares, que en forma actual o inminente lesione, restrinja, altere o amenace, con arbitrariedad o ilegalidad manifiesta, derechos y garantías reconocidos por esta Constitución, un tratado o una ley.

Según este artículo, y en lo que refiere a la disposición final de los RSU, si el predio se encuentra en un sitio no apto, se podrá presentar un recurso de amparo para “defender” los derechos. Tal fue el caso del recurso de amparo presentado por Margarita Pérez, directora de la escuela 44 del Partido de General Pueyrredón.

2) **ENGIRSU**: Estrategia Nacional de Residuos Sólidos Urbanos (sancionada en el 2005).

Principios Fundamentales:

- ✓ Preservación de la salud pública.
- ✓ Preservación ambiental
- ✓ Disminución significativa de los residuos a generar y disponer con la aplicación de procesos de minimización y valorización, a través de las 4R's, es decir:
 - Reducción de la generación de RSU en origen.
 - Reuso,
 - Reciclado, y
 - Recompra de los materiales procesados para su reuso y el reciclado.
- ✓ Disposición final de los RSU en forma sostenible, a través la puesta en marcha de rellenos sanitarios apropiados y de la erradicación de los basurales a cielo abierto.

Dado que para alcanzar estos principios fundamentales se requiere de un gran número de acciones, la ENGIRSU propone su focalización en cinco objetivos específicos:

- Reducción y Valorización de RSU
- Implementación de la GIRSU
- Clausura de basurales a cielo abierto
- Recopilación, procesamiento y difusión de Información
- Comunicación y Participación.

3) Ley N° 25.916: Ley de Presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios (sancionada en 2006).

Los artículos más relevantes de acuerdo al objetivo del presente trabajo son:

Artículo 3: Se denomina gestión integral de residuos domiciliarios al conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, que conforman un proceso de acciones para el manejo de residuos domiciliarios, con el objeto de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población. La gestión integral de residuos domiciliarios comprende de las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final.

Disposición final: comprende al conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los residuos domiciliarios, así como de las fracciones de rechazo inevitables resultantes de los métodos de tratamiento adoptados. Asimismo, quedan comprendidas en esta etapa las actividades propias de la clausura y postclausura de los centros de disposición final.

Artículo 20: Los centros de disposición final deberán ubicarse en sitios suficientemente alejados de áreas urbanas, de manera tal de no afectar la calidad de vida de la población; y su emplazamiento deberá determinarse considerando la planificación territorial, el uso del suelo y la expansión urbana durante un lapso que incluya el período de postclausura. Asimismo, no podrán establecerse dentro de áreas protegidas o sitios que contengan elementos significativos del patrimonio natural y cultural.

Artículo 21: Los centros de disposición final deberán ubicarse en sitios que no sean inundables. De no ser ello posible, deberán diseñarse de modo tal de evitar su inundación.

4) Ley N° 25.675: Ley General del Ambiente (sancionada en 2002).

Esta ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

LEYES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

La provincia de Buenos Aires da una amplia normativa sobre residuos y en el caso de los Residuos Sólidos Urbanos es de gran importancia la **Resolución 1143 de 2002 y la 1142 de 2002** de la Secretaria de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires que reglamenta la disposición final de dichos residuos por la técnica de Relleno Sanitario.

1) **Resolución 1142/02:** Registro Provincial de Tecnologías de Recolección, Tratamiento, Transporte y Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos.

2) **Resolución 1143/02:** Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios.

Esta resolución se divide en dos partes: una que establece la normativa para la disposición de RSU en rellenos sanitarios con una carga diaria a disponer menor o igual a 50 toneladas y una segunda parte para carga diaria a disponer mayor 50 toneladas (Anexo 5). Es la normativa **más importante** en cuanto a las restricciones que ofrece a la hora de la instalación de un relleno sanitario.

3) **Ley N° 11.723:** Ley Integral del Ambiente y los Recursos Naturales (sancionada en 1995).

Esta ley establece en su artículo 10 que: “todos los proyectos consistentes en la realización de obras o actividades que produzcan o sean susceptibles de producir algún efecto negativo al ambiente de la Provincia de Buenos Aires y/o sus recursos naturales, deberán obtener una **declaración de impacto ambiental** expedida por la autoridad ambiental provincial o municipal según las categorías que establezca la reglamentación”.

4) **Ley N° 13.592:** Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (sancionada en 2007).

Artículo 2: A los efectos de la presente Ley, se considerará:

Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos: Conjunto de operaciones que tienen por objeto dar a los residuos producidos en una zona, el destino y tratamiento adecuado, de una manera ambientalmente sustentable, técnica y económicamente factible y socialmente

aceptable. La gestión integral comprende las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección, transporte, almacenamiento, planta de transferencia, tratamiento y/o procesamiento y disposición final.

Artículo 13: este artículo señala que “no se instalarán centros de disposición final en zonas de recarga de acuíferos que deberán ser utilizados aguas abajo como sistema de captación de agua para uso humano”.

NORMATIVAS MUNICIPALES

1) Las ordenanzas que siguen mas abajo, declararon o prorrogaron el estado de emergencia del predio actual de disposición final de los residuos del Partido de General Pueyrredón.

Nº ORDENANZA	FECHA DE SANCIÓN	FECHA DE PROMULGACIÓN	PERIODO DE PRORROGA
9605	22/09/1994	28/10/1994	120 Días
10011	10/01/1997	15/01/1997	Hasta 30/09/1997
11590	09/01/1998	16/01/1998	Hasta 30/06/1998
12021	16/07/1998	30/07/1997	Hasta 30/12/1998
12378	11/01/1999	18/01/1998	Hasta 30/06/1999
12643	18/06/1999	18/06/1999	Hasta 30/06/2000

FUENTE: “Medidas para mitigar los impactos y plan de mejora del predio de disposición Final de los Residuos de General Pueyrredón”. Informe interno, municipalidad de General Pueyrredón.

2) Exigencias impuestas por el Código de Ordenamiento Territorial (COT) del Partido General Pueyrredón y por el pliego de bases y condiciones para el llamado a: licitación pública nacional e internacional para la construcción y operación del servicio para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios y asimilables generados en el Partido de General Pueyrredón – Provincia de Buenos Aires, año 2000.

La instalación del relleno sanitario deberá reunir las siguientes condiciones:

- Podrá estar localizado en cualquier punto dentro del Partido de General Pueyrredón; observando en términos generales las cercanías a áreas urbanas consolidadas según artículo 4.1.1⁹ del COT, las condiciones del propio terreno, la accesibilidad y la mayor o menor distancia que deban recorrer los camiones del servicio de recolección de residuos.
- No podrá situarse en áreas de influencia directa sobre el sistema de captación de agua potable de OSSE, ni de recarga de acuíferos afectados a dicho sistema de captación (Anexo5).
- El predio ofrecido deberá contar con apropiadas condiciones de accesibilidad desde vías primarias, las que deberán ser mantenidas en buenas condiciones de transitabilidad por parte del contratista.
- Además de dichas consideraciones generales, el predio deberá observar los siguientes requisitos:
 - Deberá situarse en un distrito Rural Extensivo (REX), Rural Intensivo (RIN), de acuerdo a COT y Área Rural según Ordenanza 5295.
 - No podrá situarse **a menos de 2.500 metros de áreas urbanas** definidas según artículo 4.1.1 del COT y sus respectivas densidades poblacionales según el artículo 4.1.3 del COT, midiéndose tal distancia entre los puntos más próximos entre dicha área y el perímetro del predio ofrecido.
 - No podrá situarse **a menos de 2.500 metros de establecimientos educativos** ni unidades sanitarias o centros de salud.
 - Deberá ubicarse fuera del área definida por la traza del futuro camino de circunvalación proyectado por la Dirección Provincial de Vialidad de acuerdo al plano adjunto en el Anexo 4.
 - No podrá situarse en área de influencia del aeropuerto o aeródromo.
 - No podrá situarse **a menos de 5.000 metros de la costa marítima** (Anexo 4).

⁹ El Artículo 4.1.1 (Áreas Urbanas) del COT del Partido de General Pueyrredón menciona que: las áreas de población agrupada corresponden a las áreas urbanas y su edificación predominante es la vivienda individual o la colectiva, con los edificios complementarios, servicios y equipamiento integral de la población.

Capítulo IV

Los Sistemas de Información
Geográfica y la Técnica de
Evaluación Multicriterio

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA TÉCNICA DE EVALUACION MULTICRITERIO

CONCEPTOS GENERALES

¿Qué es un Sistema de Información Geográfica?

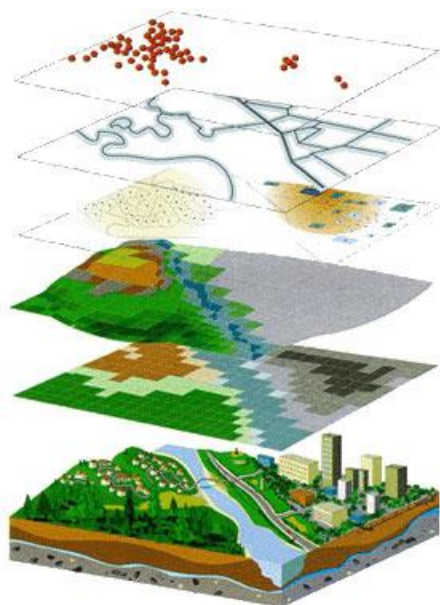
Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), del inglés: Geographic Information System (GIS) han sido definidos de diferentes maneras dependiendo del campo de aplicación y de la disciplina que los utiliza.

Una definición sencilla es la de Star y Estes (1991) (citada por Mantobani y Juárez, 2004) quienes conceptualizan a los SIG como “un sistema de información diseñados para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas”.

Por otra parte, el National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de USA completa un poco mas la definición anterior agregando que un SIG es “un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, gestión, manipulación, análisis, modelado y visualización de datos espacialmente-referenciados para resolver problemas complejos de planeamiento y gestión”.

La expresión "espacialmente-referenciados" se refiere a que todos los elementos que forman parte del sistema tienen una dimensión espacial que puede ser georeferenciada en el espacio con respecto al origen de un sistema de coordenadas determinado. Esto permite (como muestra la Figura 3), almacenar y visualizar en forma de capas la información ordenada para poder analizarla y obtener de ella nueva información.

Cabe destacar que cada capa o mapa, representa una variable determinada según el caso de estudio, por ejemplo: factores sociales, económicos, de infraestructura, uso del suelo, variables ambientales, etc. La esencia de los SIG está dada por el empleo algebraico de los mapas para la obtención de nuevos resultados.



Capa 1: clientes

Capa 2: calles

Capa 3: parcelas

Capa 4: altitud

Capa 5: uso del suelo

Capa resultado:
representación de la realidad

Figura 3. Concepto de capas.

FUENTE: Environmental Systems Research Institute (ESRI).

En la Figura 4 ilustrada a continuación, se pueden observar cuales son los componentes básicos de los SIG mencionados en la definición del NCGIA.



Figura 4. Componentes básicos de los SIG.

FUENTE: Environmental Systems Research Institute (ESRI).

Los componentes de los SIG pueden ser descriptos en forma breve de la siguiente manera:

- El **software** entrega las funciones y las herramientas que se requieren para generar, almacenar, analizar y desplegar información geográfica.
- **Hardware:** El hardware es el equipo de computación donde opera el Sistema de Información Geográfica.
- **Datos:** los componentes más importantes son los datos. Los datos a utilizar es lo más difícil de determinar así como también de conseguir. En muchos casos es necesario crearlos a partir de salidas de campo de tal forma que se adapten al trabajo a realizar.
- **Procedimientos:** Para que el SIG tenga éxito, éste debe operar de acuerdo a un plan bien estructurado y de acuerdo a reglas preestablecidas, que son los modelos de las actividades propias de cada organización.
- **Recursos Humanos:** La tecnología SIG está limitada sin las personas que administran el sistema y llevan a cabo los planes de desarrollo para aplicarlos a los problemas del mundo real. Entre los usuarios se encuentran los especialistas técnicos, que diseñan y mantienen el sistema para aquellos que lo utilizan diariamente en su trabajo.

Dado que la clave de un SIG es que permite estudiar todo aquel fenómeno que se despliega en el espacio y que pueda ser localizado en un sistema de coordenadas, la mayor utilidad se ha dado en el campo de la planificación territorial, conformando una herramienta poderosa para la toma de decisiones.

Según Buzai (1998) (citado por Mantobani y Juárez, 2004) un SIG puede ser visto de cuatro formas diferentes:

- **Entorno al trabajo:** porque es un sistema basado en la computación que permite el manejo de datos espaciales.
- **Funcionalidad:** porque es un sistema que permite obtener, almacenar, procesar y presentar gráficamente datos georreferenciados.
- **Contenido:** porque es un sistema que interactúa con una base de datos con información espacial.
- **Propósito:** porque es un sistema que asiste en la toma de decisiones a nivel espacial.

En términos prácticos, la función principal de este software es contar con cartografía con bases de datos asociadas, con la misión principal de resolver problemas espaciales o territoriales; es decir que es un programa que permita manejar conjuntamente la cartografía y las bases de datos alfanuméricas asociadas. Esto quiere decir que cada capa o mapa tiene asociado una tabla de atributos en donde está la base de datos que dio origen al mismo. Existe un estrecho vínculo entre ambos ya que uno depende del otro; si el usuario lo dispone puede ampliar la información consultando algo que se haya observado en el mapa, a través de dicha base de datos.

Hoy en día, los SIG gozan de una popularidad y prestigio en la investigación aplicada en el campo de ciertas disciplinas y en la resolución de problemas técnicos llevados a cabo por organismos públicos y privados, tanto en universidades como en empresas. Estos programas son muy utilizados ya que permiten analizar y gestionar volúmenes masivos de datos en forma rápida, económica y segura, permitiendo además contar con información necesaria para tomar decisiones (Mantobani y Juárez, 2004).

BREVE HISTORIA DE LOS SIG

Solo han pasado algo más de 50 años de evolución y si bien puede ser considerada una técnica bastante joven, ha transcurrido el tiempo suficiente para que crezca y se desarrolle con sus propios métodos y técnicas. Casi todos los usuarios de los SIG coinciden que es una ciencia joven que aún tiene mucho camino por recorrer (Barbosa, 2001).

Podría decirse que su breve historia plantea cuatro etapas de desarrollo (Bosque Sendra *et al*, 1994):

- **Etapa Inicial o etapa de desarrollo:** en donde se plantean los primeros intentos de desarrollo.
- **Segunda etapa:** ligada al impulso tecnológico producido en la década de 1970.
- **Tercera etapa o fase comercial:** ligada al desarrollo industrial de los SIG y su adquisición por numerosas instituciones para gestionar la información territorial.
- **Cuarta etapa o etapa de usuarios:** ligada al abaratamiento de la tecnología y el acceso de los usuarios tanto a los programas como a los datos. A partir de aquí se comienza a liberar información que permite desarrollar opciones libres tanto de software como de datos.

La mayoría de los autores ubican el comienzo del desarrollo de los SIG como parte de la revolución que ocurrió en la década de los cincuenta. En esa época, surgieron nuevas tendencias de la utilización de los mapas a la hora de la planificación y valoración de los recursos, dándose cuenta que algunas variables espaciales no eran independientes una de otras sino que guardaban algún tipo de relación entre sí, por lo que surge la necesidad de ser evaluadas en forma integral e interdisciplinaria. En los comienzos, se realizaban a mano los mapas de aptitudes sobre una superficie transparente; luego eran superpuestos unos con otros para determinar las zonas de coincidencia de los distintos mapas descriptivos.

Los SIG como se conocen hoy, son el producto de la evolución tanto de la Geografía como de la Informática. Dentro de la Geografía, presentan una evolución en sí mismos cuando se incorpora a la Cartografía el diseño de los mapas digitales. Éstos son asuntos en los que existe un consenso básico del cual se parte para ubicar un punto de comienzo y una fecha o época de partida (Barbosa, 2001).

Son los años sesenta la década donde se puede considerar el inicio de la tecnológica de los SIG. En 1964 en Canadá, se desarrolla por primera vez un sistema informático que trabajaba con datos geográficos. El Departamento de Agricultura de ese país encargó al Dr. Roger Tomlinson¹⁰ la creación del CGIS (Canadian Geographic Information System). Este sistema fue realizado para el Ministerio de Agricultura de Canadá a fin de servir como apoyo para la realización del inventario de los recursos forestales del país.

A pesar de las primeras tentativas canadienses, es Estados Unidos la nación donde los SIG van a tener el campo de experimentación más adecuado, tanto entre las instituciones públicas como en las privadas, y por ello va a ser en este país donde se desarrollen las aplicaciones de mayor envergadura e importancia (Bosque, 1992).

El trabajo realizado en los primeros años 70 en el Laboratorio de Análisis Espacial de la Universidad de Harvard, fue el comienzo de formación de personas que después han liderado el desarrollo de la industria como por ejemplo, Jack Dangermond o Scott Morehouse (ESRI)¹¹, entre otros.

¹⁰ Roger F. Tomlinson, nació 17 de noviembre de 1933 en Cambridge, Inglaterra. Es un geógrafo inglés residente en Canadá y principal artífice de los modernos Sistemas de Información Geográfica computarizados. Está considerado a nivel mundial como el padre de los SIG y es miembro de la Orden de Canadá, el más alto honor que puede recibir un civil en su país.

¹¹ **ESRI** (Environmental Systems Research Institute) es una empresa fundada en 1969 que en sus inicios se dedicaba a trabajos de consultoría del territorio. Actualmente desarrolla y comercializa software para Sistemas

Puede decirse entonces, que la contribución de este laboratorio no ha sido la programación, sino el desarrollo de ideas que difundieron por el mundo importantes figuras que han trabajado en este laboratorio, como las mencionadas anteriormente.

La década de los setenta permitió el continuo desarrollo de los análisis espaciales. En estos años se crean nuevos modelos matemáticos y estadísticos, pero aún no se estaba preparado para la aparición de un SIG comercial. Sin embargo, en esta década se los comenzó a aplicar en problemas específicos, como el planeamiento o el impacto ambiental.

A finales de los años 70's el uso de computadoras progresó rápidamente en el manejo de información cartográfica, y se mejoraron muchos de los sistemas informáticos para distintas aplicaciones.

A principios de los años 80's, los SIG se habían convertido en un modelo plenamente operativo, a medida que la tecnología de cómputo se perfeccionaba, se hacía menos costosa y brindaba una mayor aceptación y utilidad. En esta época terminan los ajustes necesarios para que esta tecnología llegue a su auge; las empresas privadas relevaron a las instituciones públicas y cada vez era mayor la cantidad de programas ofertados. Es por ello, que en 1982 y como resultado de todo el avance tecnológico ocurrido en los últimos años, aparece en el mercado el software ArcInfo como producto comercial de ESRI.

El paso de la década de los ochenta a los noventa, proporcionó por primera vez, las bases necesarias para expandir el uso de los SIG aunque con unas barreras de precio que los han restringido a aplicaciones técnicas profesionales.

En 1987, se publicó la primera revista internacional acerca de la tecnología SIG. Se trata de la *International Journal of Geographical Information Systems* que expresaba que los SIG representan un campo de desarrollo donde interactúan muchas disciplinas, entre ellas, la cartografía, la computación, la estadística y otras disciplinas relacionadas con el manejo y análisis de datos territoriales.

El año 1987 constituye una fecha clave para el análisis del comienzo de la temática de los Sistemas de Información Geográfica en nuestro país. El punto de partida se produjo ese año cuando se llevó a cabo la I Conferencia Latinoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica en San José de Costa Rica y varios profesionales argentinos asistieron a ella tomando contacto con esta moderna tecnología (Buzai, 2000).

de Información Geográfica y es una de las compañías líderes en el sector a nivel mundial. Tiene su sede en California, EE. UU. Su producto más conocido es el ArcGis.

Los SIG se habían convertido en herramientas de trabajo esenciales en el planeamiento urbano y en la gestión de recursos. Su capacidad para almacenar, recuperar, analizar, modelizar y representar amplias extensiones de terreno con enormes volúmenes de datos espaciales los han situado a la cabeza de una gran cantidad de aplicaciones a la hora de la realización de trabajos de investigación.

En los comienzos de la década de 1990, se produce un abaratamiento considerable de los sistemas informáticos, tanto del software como del hardware, lo que también facilitaba el uso y adquisición de SIGs en sectores que hasta entonces no podían hacerlo. Es precisamente en esta década cuando se comienza a dar lugar a la “etapa de los usuarios” (Bosque Sendra *et al*, 1994) ya que este tipo de programas se habían extendido convirtiéndose en un tema de actualidad al que podía acceder toda persona interesada; tanto las instituciones administrativas, como centros de investigación y educación superior, lo habían convertido en una herramienta indispensable en cualquier trabajo sobre el medio natural y/o social.

Durante los años posteriores, los SIG alcanzan un gran desarrollo y expansión gracias fundamentalmente a la evolución y ampliación de las capacidades de las nuevas computadoras, el desarrollo de los lenguajes de programación y el avance del tratamiento gráfico.

En la actualidad los SIG están siendo empleados con mayor frecuencia en talleres escolares, principalmente de los países mas desarrollados, para que sus alumnos aprendan la utilidad y la importancia de estos sistemas a la hora del estudio geográfico y toma de decisiones.

De acuerdo a la evolución cronológica mencionada anteriormente, considero que la utilidad y aplicación de los SIG ha alcanzado, hoy en día, una madurez tal que ya prácticamente nadie cuestiona su gran importancia en ciertas áreas de la investigación geográfica. Sin embargo, las posibilidades potenciales de avance se mantienen aún vigentes, lo que vislumbra su futura y continua evolución.

¿COMO FUNCIONA UN SIG?

Un SIG almacena información de diferentes aspectos geográficos mediante un conjunto de capas. Estos diferentes niveles temáticos se relacionan entre sí mediante la propia geografía. La información siempre está georreferenciada, lo que significa que contiene una referencia

geográfica explícita tal como la latitud-longitud, o una coordenada de un sistema nacional, o una referencia implícita como por ejemplo un domicilio.

Un SIG funciona con dos modelos de información geográfica: el modelo **vectorial** o vector y el modelo **raster** (Alcalde, 2008).

En el modelo vector, provee ubicación exacta de objetos geográficos en la tierra. Estos objetos son representados como puntos, líneas o polígonos; la posición de los mismos es referenciada en posiciones del mapa utilizando coordenadas x,y de un sistema de coordenadas (ESRI, 2007). La ubicación de una característica puntual, tal como un negocio por ejemplo, puede describirse con un sólo punto x,y, mientras que la localización de un río o una línea de costa pueden ser descritas mediante una línea (conjunto de puntos x,y). Las características poligonales (territorios de ventas, cuencas hídricas, etc.), pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. El modelo vector es extremadamente útil para describir características discretas, pero menos útil para describir características de variación continua, tal como tipo de suelo, características del uso de suelo, etc.

El modelo raster se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor. La ubicación de cada celda o píxel es definida por su número de fila y columna. El valor asignado a cada celda representa un atributo del objeto geográfico que representa. Cada celda, representa un área de la superficie de la tierra (ESRI, 2007). Los datos raster pueden ser imágenes (imágenes raster), con un valor de color en cada celda (o píxel). Otros valores registrados para cada celda puede ser un valor discreto (como el uso del suelo), valores continuos (como temperaturas), o un valor nulo si no se dispone de datos. (Anexo 6).

APLICACIONES

En la mayoría de los sectores los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones. Sus campos de aplicación son muy diversos, algunos de ellos son:

Medio ambiente y Recursos Naturales

Son aplicaciones implementadas por instituciones de medioambiente que facilitan la evaluación del impacto medioambiental en la ejecución de proyectos. Según Bosque Sendra (1992), los SIG facilitan una ayuda fundamental en trabajos tales como:

- Aplicaciones Forestales. Explotación forestal, Análisis de pautas de difusión de incendios forestales.
- Cambios de Uso del Suelo. Inventarios de Uso.
- Localización de Vertederos.
- Concentración de Contaminantes.
- Estudios de Especies.
- Impacto Ambiental de Obras.

Inventarios y Catastro

El catastro de bienes inmuebles (rurales y urbanos) contiene información espacial (localización, límites, superficie) y debe ser actualizado constantemente. La capacidad de almacenar las entidades espaciales (parcelas), junto con sus atributos (propietario, uso, etc.), convierten a los SIG en la tecnología idónea para servir como soporte a los grandes inventarios: catastro, censos, etc. (Barroso; Puebla, 1997). Por esto mismo, un sistema de información catastral puede ser definido como una herramienta para la toma de decisiones en los ámbitos jurídico, administrativo, y económico y una ayuda para la planificación y el desarrollo.

Gestión de Infraestructuras Básicas

Algunos de los primeros SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y administración de redes de electricidad, gas, agua, teléfono, alcantarillado, etc.

Estos sistemas son utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento, gestión de redes, trabajos de ingeniería, inventarios, planificación de redes, gestión de mantenimiento, demanda de servicios públicos, etc., ya que permite una visualización rápida e integral de los factores analizados facilitando así, la toma de decisiones.

Infraestructuras de Transporte

- Mantenimiento y conservación de infraestructuras de transporte.
- Tráfico: pueden ser utilizados para modelar la conducta del tráfico determinando, por ejemplo: la circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. La posibilidad de contar con información de ejes viales permite la generación de análisis de redes determinando rutas óptimas.

- Impacto de nuevas infraestructuras. Los SIG son utilizado para evaluar el impacto de nuevas infraestructuras de transporte (autopistas, ferrocarriles, aeropuertos, puertos, etc).

Gestión territorial

Los planes de ordenación del territorio, especialmente en sus dimensiones ambiental y rural, tienen a los SIG una herramienta de trabajo imprescindible. Suponen una de las mejores formas de almacenar la información geográfica. Dentro de la gestión del territorio los SIG, pueden ser utilizados para:

- Planificación urbana: Estos se han utilizado para determinación de suelos aptos para desarrollo urbano, zonas de riesgo, renovación urbana, zonas de protección ambiental, entre otros.
- Equipamiento social. Son implementación de aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de servicios de impacto social, tales como servicios sanitarios, centros escolares, hospitales, etc., suministran información sobre los centros ya existentes en una determinada zona y ayudan en la planificación en cuanto a la localización de nuevos centros.

Demografía

En este área, los SIG ocupan un conjunto diverso de aplicaciones cuyo vínculo es la utilización de las variadas características demográficas y, en concreto, su distribución espacial para la toma de decisiones.

El origen de los datos generalmente corresponde a los censos poblacionales elaborados por alguna entidad gubernamental. De esta forma pueden, por ejemplo, ser localizados sectores con asentamientos de personas de bajo nivel económico, y de esta manera permitir a los funcionarios encargados tomar medidas de mejoras.

Geomarketing (Análisis de Mercado)

El Análisis espacial del mercado debe responder a las preguntas: ¿Dónde se localizan los clientes?, ¿Dónde se concentran?, ¿Dónde se localiza la oferta de la competencia? ¿Dónde se pueden ofrecer los servicios? Por ejemplo, las operaciones como la expansión de una cadena de franquicias o la especialización de una red bancaria tienen un fuerte componente geográfico. Las entidades bancarias deciden qué oficinas dedicar a productos para empresa, en función del mercado potencial en su entorno. Las cadenas de comida rápida abren nuevos

establecimientos en entornos en los cuales exista una oferta de ocio que atraiga al público juvenil. Para este papel, los SIG ofrecen un excelente resultado.

LIMITACIONES

Las limitaciones que presentan los Sistemas de Información Geográfica a la hora de su utilización y aplicación, están orientadas básicamente a la adquisición y manejo de los datos, normalmente difíciles de conseguir y/o procesar.

Algunas desventajas son:

- Requieren de existencia de datos para trabajar: uno de los principales problemas para la difusión de la tecnología SIG es el de la disponibilidad de datos; los datos en formato digital son escasos y generalmente caros. Así mismo, cuando los datos no existen el formato digital, se debe proceder a la digitalización lo que consume mucho tiempo y recursos.
- La recolección de datos puede consumir mucho tiempo.
- Hasta el momento no hay normas universales para los datos de SIG, es decir, para permitir la fácil transferencia de los mismos entre los países y sistemas.
- Existe una empinada curva de aprendizaje para los usuarios novatos del software. Es por ello que estos sistemas pueden convertirse fácilmente en el objeto de estudio y no solo en una herramienta.

LA TÉCNICA DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO

¿Que es la Evaluación Multicriterio?

La Evaluación Multicriterio (EMC) puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones (Gomez Delgado y Barredo Cano, 2005). El propósito de la EMC es investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto y según eso generar soluciones y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción (Rivera, 2001).

La EMC se basa en que la actividad objeto de estudio va a estar definida por una serie de variables socio-ambientales. Dichas variables van a influir de manera positiva o negativa

sobre la actividad objeto de decisión. En el caso del presente trabajo, la actividad objeto de estudio es determinar el sitio óptimo para el emplazamiento de un relleno sanitario; los factores a analizar serán considerados como aptos en aquellas zonas que estén acorde a las restricciones impuestas por la normatividad ambiental vigente (mencionada en el Capítulo III), y serán considerados como no aptos en aquellas zonas en las que esto no suceda.

Esta técnica es utilizada para ayudar a los centros decisores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, sobre la base de una evaluación de acuerdo a varios criterios. En otras palabras, el objetivo general de la EMC es auxiliar al decisor a escoger la mejor alternativa entre un rango de alternativas en un entorno de criterios en competencia y conflicto; los objetivos pueden ser económicos, ambientales, sociales, institucionales, técnicos, estéticos, etc.

Los Sistemas de Información Geográfica y la Evaluación Multicriterio

La EMC en relación con los S.I.G., se basa en que cada factor este representado por una capa de información cartográfica georreferenciada, en la cual todos los puntos del territorio toman un valor con respecto a la actividad objeto de decisión. Todas las capas de información geográfica a integrar deben ser transformadas y normalizadas para que todas fluctúen dentro de un mismo rango de valores (Bosque *et al.*, 1.994; Romero, 1996).

La presencia de los SIG en los procesos de toma de decisiones va unida a la utilización de procedimientos dirigidos a evaluar un número de alternativas condicionada por diferentes criterios para la obtención de objetivos.

La EMC se encuentra dentro de un marco teórico general más amplio, denominado Teoría de la Decisión, que se fundamenta en la elección de una alternativa dentro de un grupo.

Según Barredo (1996), citado por Rivera (2001), la integración de la EMC y los SIG genera una potente herramienta para asistir en procesos de análisis espacial a través del modelado, en especial para la asignación / localización de actividades, pudiendo asistir de manera eficaz a procesos de planificación urbana, regional, y ordenación del territorio, o bien realizando operaciones de localización / asignación tomando en cuenta diversos criterios y múltiples objetivos.

El propósito de la aplicación de la técnica de EMC dentro de un SIG es alcanzar una valoración sobre la capacidad del territorio en relación con ciertas funciones o actividades, que se seleccionan como objetivos de la evaluación.

Las ventajas de esta combinación, están orientadas a resolver cual es la interrelación de las diversas variables escogidas del territorio. Un atributo cualquiera contenido en cada una de las capas de información de un SIG, puede ser ponderado como un factor positivo o negativo para un determinado objetivo. De esta forma, y al combinar distintos atributos, es posible determinar cual es la mejor alternativa de acuerdo a un objetivo específico planteado.

Entorno a los SIG, la EMC se logra comúnmente a través de dos tipos generalizados de evaluación: la **evaluación booleana** y la combinación lineal ponderada. La aplicación de una u otra produce resultados diferentes, ya que la primera proporciona escenarios de planificación muy estrictos, mientras que la segunda aporta escenarios más flexibles.

Con el álgebra booleana, se genera un nuevo mapa a partir de dos o mas mapas de entrada mediante operadores lógicos: intersección (AND), unión (OR) y complemento (NOT); dichos operadores se ejecutan en las variables y pueden tomar dos estados: presencia o verdadero, denotados por valores de 1; o ausencia o falso, denotados por valores de 0.

En este Trabajo he desarrollado un **modelo booleano** a partir de los mapas de las variables socio-ambientales utilizadas. En este sentido, he tomado como valor 1 aquellos sectores de cada mapa que cumplen con la normatividad ambiental vigente, y por lo tanto considerados como aptos para el emplazamiento de un relleno sanitario. El valor 0, ha sido aplicado a las zonas de restricción, es decir, aquellas que se consideran no aptas para dicha actividad. Esta metodología será aplicada a cada mapa utilizado. Luego aplicando técnicas de algebra de mapas se llegará a un mapa de resultados.

En el Capitulo siguiente se explicará con mas detalle este procedimiento.

Capítulo V

Metodología

METODOLOGÍA

La localización de nuevos centros de disposición final de residuos es una de las tareas más difíciles afrontadas por las comunidades en la implementación de un programa de gestión integral de los residuos sólidos (Tchobanoglous *et al.*, 1998).

La metodología descrita a continuación, para realizar la selección de las zonas más aptas que presenta el Partido de General Pueyrredón para la disposición final de residuos sólidos, surge como una necesidad que presenta la región ante el agotamiento de la vida útil del predio donde actualmente se depositan los residuos.

El método utilizado en este trabajo, consiste en una serie de etapas que a medida que se avanza sobre ellas, se va disminuyendo el número de sitios a considerar debido a las restricciones impuestas. En otras palabras, el proceso de selección desarrollado consta de cuatro etapas sucesivas, las cuales se desarrollan a continuación.

ETAPA 1: Consiste en **definir el área de búsqueda.**

Esta etapa ha permitido generar el conjunto inicial de sitios a analizar. Como referencia, he tenido en cuenta las zonas potenciales seleccionadas de acuerdo a estudios que se han realizado anteriormente a nivel regional, y aquellos sitios donde ya se han emplazados vertederos dentro del Partido.

En este caso, el área de búsqueda de sitios se encuentra enmarcada en la zona que comprende el Partido de General Pueyrredón. Como primera medida y por razones obvias (no se puede considerar como aptas zonas donde los asentamientos poblacionales son de alta densidad) se ha descartado como zonas posibles, el área urbana de la ciudad de Mar del Plata, Sierra de los Padres, Batán, Camet y Chapadmalal.

ETAPA 2: En esta etapa será necesario **identificar las variables socio-ambientales que se deberán tener en cuenta. Cada variable será representada en forma espacial.**

Los encargados de la planificación territorial se enfrentan al problema de manejar una gran cantidad de información espacial que les permita cumplir su labor en forma oportuna y satisfactoria.

En el ámbito de la planificación física ambiental existe una variada gama de enfoques metodológicos. En este caso, he utilizado la “metodología analítica” que según Díaz de Terán (1988), se centra en la realización de mapas temáticos tales como: litología, red de pozos de

extracción de agua potable, pendiente del terreno, hidrología superficial y subterránea, accesibilidad, población, entre otros.

Si bien el aspecto económico no puede definirse directamente en un mapa, el mismo ha sido considerado desde el inicio de la búsqueda de sitios aptos para la emplazamiento del relleno sanitario. Algunos aspectos económicos a considerar son: distancia del sitio a la zona de recolección de residuos, tamaño del sitio, vida útil de la instalación, accesibilidad del sitio y precio por hectárea de terreno.

Luego de identificar las variables socio-ambientales, se ha recopilado la información necesaria y se ha llevado a cabo la digitalización de los mapas que no estaban disponibles en formato digital.

Las variables que se han tenido en cuenta para representar en los mapas que se ilustran y describen a continuación, son aquellos sobre los que la normatividad ambiental (resolución 1143/02 de la provincia de Buenos Aires y el COT del Partido de General Pueyrredón) presenta criterios cuantitativos de restricciones.

Ellos son:

- 1) Área urbana del Partido.
- 2) Distribución geográfica de escuelas rurales.
- 3) Pozos de extracción de agua potable de Obras Sanitarias del Estado (OSSE).
- 4) Hidrología superficial.
 - a) Arroyos.
 - b) Lagunas.
- 5) Aeropuerto.
- 6) Aeroclubes.
- 7) Pendiente del terreno.
- 8) Profundidad del agua subterránea.

Los mapas se elaboraron utilizando el software ArcGis 9.3 (ESRI, 2007), bajo el sistema de proyección Transverse Mercator, con el esferoide Internacional 1909 y Datum “Campo Inchauspe”, ubicándolos en la faja 5 del mismo, con una resolución espacial de 100 x 100 m.

A continuación, se presentan los mapas de las variables socio-ambientales mencionadas anteriormente para el Partido de General Pueyrredón.

Es necesario destacar que los datos digitales de los mapas del área urbana, hidrología superficial, curvas de nivel y profundidad del agua subterránea, han sido obtenidos del Proyecto BID 1201 OC/AR 08-4675: “Sustentabilidad del riego suplementario en el sudeste de la provincia de Buenos Aires”. INTA (1999-2003).

1) Área urbana del Partido

El Partido de General Pueyrredón concentra su mayor cantidad de habitantes en su ciudad cabecera, Mar del Plata. Los otros centros poblados de mayor importancia que posee el Partido son: las localidades de Sierra de los Padres, Batán, Camet, y Chapadmalal. Aunque la cantidad de habitantes en estas últimas se reduce considerablemente, es de gran importancia el notable crecimiento que han tenido en los últimos años.

El mapa que se muestra a continuación (Figura 5) corresponde a la ubicación geográfica de las localidades mencionadas.

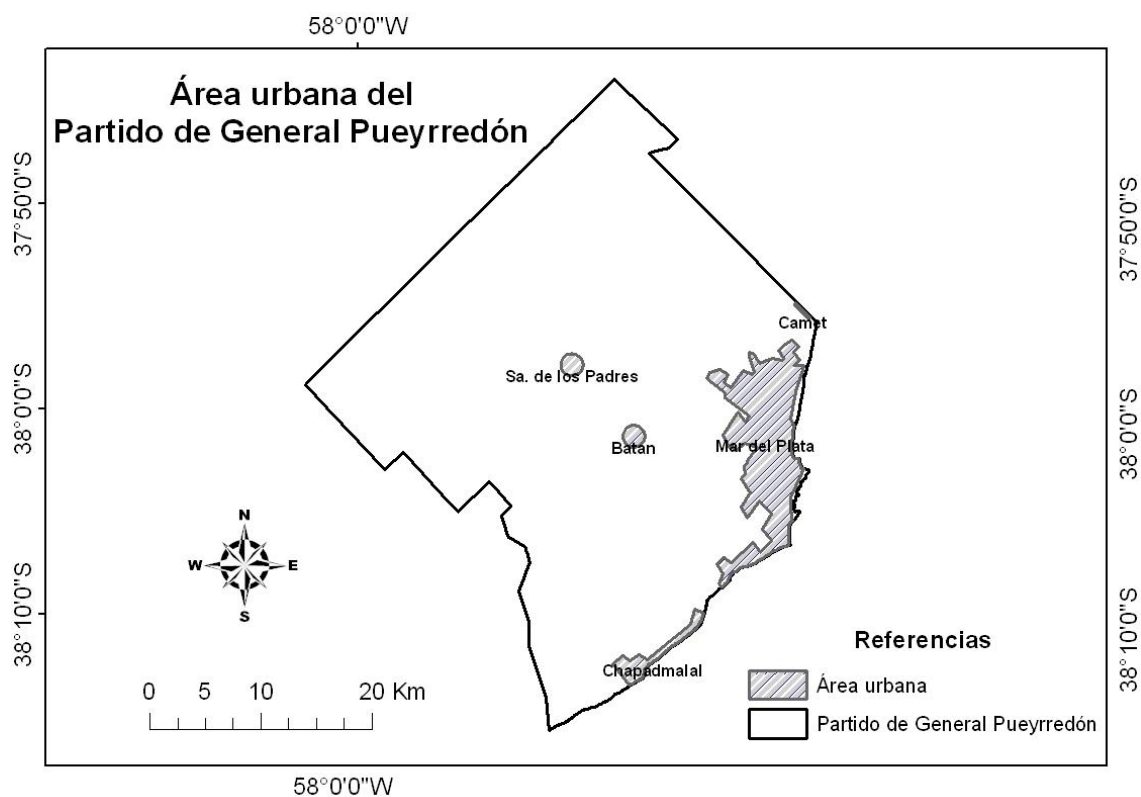


Figura 5. Mapa del área urbana del Partido de General Pueyrredón

La ciudad cabecera del Partido, *Mar del Plata*, se encuentra ubicada sobre el Mar Argentino en la zona sudeste de la Provincia de Buenos Aires de la República Argentina. Dicha ciudad se localiza a: 38°00' latitud Sur y 57°33' longitud Oeste (referencia tomada desde la Plaza San Martín). Es la ciudad de la costa con el mayor equipamiento turístico de todo el país.

Según el último Censo Poblacional (año 2001) realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), la ciudad de Mar del Plata cuenta con 541.857 habitantes cifra que representa un aumento del 5,6% con respecto al Censo realizado en 1991. La superficie del ejido urbano de la ciudad es de 79,48 km² (con una cantidad de 7.948 habitantes).

Desde 1947 la localidad de Mar del Plata se ubica en el séptimo puesto por su rango-tamaño entre las aglomeraciones mas pobladas de la República Argentina, asumiendo las características de un aglomerado de tamaño intermedio mayor (mas de 500.000 habitantes permanentes) en la década de los años noventa (Lucero, 2004).

Mar del Plata es una ciudad turística por excelencia. Según datos brindados por el Ente Municipal de Turismo del Partido (EMTUR), durante el verano arriban a la ciudad alrededor de tres millones de visitantes lo que transforma a la actividad turística en una de las principales fuentes de la economía marplatense.

Por otra parte, los ricos bancos de la plataforma continental de la República Argentina, han convertido desde hace muchos años a Mar del Plata en el principal puerto pesquero del país. Es un puerto artificial encerrado por dos importantes escolleras la Norte y la Sur y posee tres dársenas que permiten el amarre de distintas envergaduras de barcos. Hoy en día es el principal puerto pesquero del país, moviliza el 60% de la pesca de la Argentina. Para la ciudad el hecho de contar con un puerto de ultramar, le permite disponer de una puerta comercial internacional no sólo para ella, sino también para la Región. Esta preparado para prestar servicios de cargas generales, y se encuentra vinculado con la salida hacia mercados internacionales de la producción regional. Este puerto es y ha sido relevante en la historia, la economía y la cultura local.

Sin embargo, si bien en la actualidad el turismo es la actividad económica principal, la infraestructura de la ciudad permite prever un desarrollo futuro importante en otros sectores, tales como la industria manufacturera y el comercio exterior.

Por último, el cinturón hortícola también constituye uno de los principales centros de producción del país tanto por la superficie cultivada, la diversidad, calidad y rendimientos

obtenidos, como por el momento de producción y la amplia red de mercado que abastece. Este cinturón es una franja de 25 kilómetros de extensión que bordea la ciudad.

La Localidad de *Sierra de los Padres* se encuentra a unos 20 kilómetros de la ciudad de Mar del Plata por la Ruta 226. Pertenecientes al mismo sistema montañoso de Tandil, las Sierras de los Padres poseen una altura media de 150 metros sobre el nivel del mar. La ciudad de Sierra de los Padres, edificada sobre la falda de un cerro, posee una privilegiada vista de los alrededores: la ciudad de Mar del Plata, el valle y la Laguna de los Padres.

Las actividades que se pueden realizar en esta localidad son: cabalgatas, visitar un mini-zoológico, deportes acuáticos en la laguna, hacer parapente entre las serranías, etc.

Según el censo realizado por el INDEC, en el año 2001, Sierra de los Padres contaba con 803 habitantes que representa un marcado incremento del 150% frente a los 321 habitantes registrados por el mismo ente en el año 1991.

Durante el verano la población estable se incrementa varias veces merced a los numerosos visitantes que poseen sus casas de vacaciones en la localidad. Un boom edilicio se ha verificado en el último quinquenio gracias a muchas construcciones residenciales y comerciales nuevas. La población estable actual (registrada en el 2008) se estima en cerca de 1300 residentes. A las edificaciones existentes se han agregado tres nuevos grandes centros comerciales de categoría, que han cambiado la fisonomía urbana de la localidad.

La localidad de *Batán* se encuentra a la altura del Km. 12 de la ruta provincial 88. Como puede observarse en la Figura 5, Batán esta ubicada en la zona centro del Partido a 38°00'32,67" de latitud Sur y a 57°42'35,61" de longitud Oeste.

Se extiende sobre una superficie aproximada de 500 kilómetros cuadrados con una cantidad estimada de 9.597 habitantes (INDEC, 2001)

En la faz económica se desarrollan principalmente actividades de: agricultura (con gran proliferación de quintas), ganadería, minería (existencia de canteras naturales y gran cantidad de hornos de ladrillo) y por último la actividad industrial que concentra la mayoría de su producción en el Parque Industrial "General Savio".

La Localidad de *Chapadmalal* se ubica sobre la costa atlántica a 23 kilómetros de la ciudad de Mar del Plata, mas precisamente en el Km. 35 de la ruta provincial número 11.

Chapadmalal es un complejo turístico que consta de gran cantidad de bungalows y hoteles que permiten albergar hasta 5000 personas. Posee pintorescas edificaciones, así como también parques y espacios verdes que permiten un máximo contacto con la naturaleza.

Según el último censo realizado por el INDEC en el año 2001, Chapadmalal cuenta con 1971 habitantes lo que representa un incremento del 59% frente a los 1239 habitantes censados por el mismo ente en el año 1991.

2) Distribución geográfica de escuelas rurales

Una de las exigencias impuestas por el pliego de bases y condiciones para el llamado a licitación pública nacional e internacional para la construcción y operación del servicio para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios y asimilables generados en el Partido de General Pueyrredón – Provincia de Buenos Aires (mencionado en el Capítulo III) para el emplazamiento de un relleno sanitario es, que éste último, debe estar a una distancia mayor o igual a 2500 metros de las escuelas. Debido a que el área urbana del Partido conforma una restricción en sí mismo para dicho objetivo, solo fueron consideradas para este análisis las escuelas rurales. Al no disponer de ningún mapa de distribución geográfica de las escuelas, lo que hice fue generar uno en donde se puedan observar todas las escuelas rurales, tanto privadas como estatales.

Para poder generar el mapa de distribución de escuelas rurales es necesario determinar las coordenadas geográficas de las mismas. Para poder tener acceso a esas coordenadas, me he dirigido al centro de cómputos del Centro de Geología de Costas y Cuaternario de la Universidad Nacional Mar del Plata desde donde accedí a la página web de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires¹². En este sitio web, figura un link que permite observar la latitud y la longitud de las escuelas. Con esa información, generé una base de datos con la siguiente información:

- Nombre de la escuela
- Tipo de educación (inicial, primaria, E.S.B, polimodal, adultos)
- Estatal/Privada

¹² La página web mencionada es: www.abc.gov.ar. Fue necesario asistir a la Universidad Nacional de Mar del Plata debido a que este sitio web posee información restringida para ciertos usuarios. En otras palabras, desde otra PC que no pertenezca a un centro de cómputos de un ente de educación no es posible acceder a toda a información que se brinda.

- Coordenada X (o latitud)
- Coordenada Y (o longitud)
- Dirección
- Localidad

Una vez terminada la base de datos, con el software ArcGis 9.3, he generado el mapa de escuelas que se muestra en la Figura 6, ilustrada a continuación.

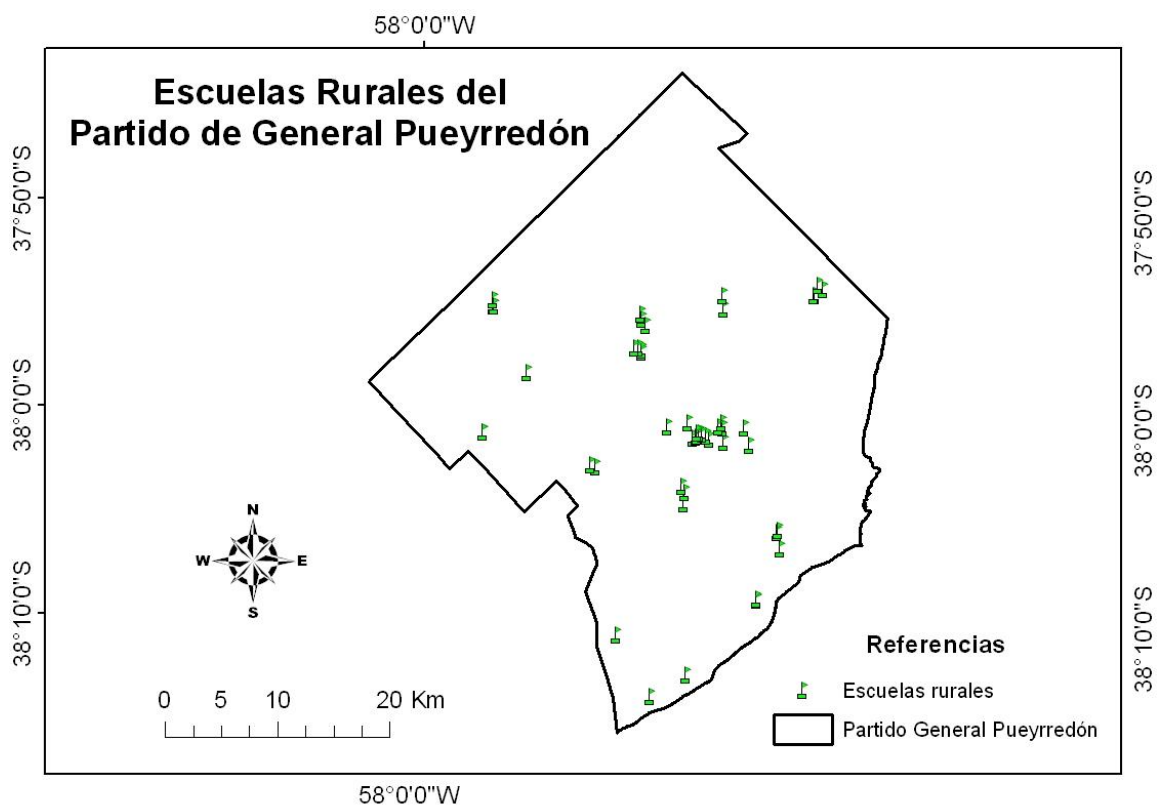


Figura 6. Mapa de escuelas rurales del Partido de General Pueyrredón

Este mapa muestra una cantidad de 59 escuelas rurales (Anexo 7) que han sido consideradas relevantes para tener en cuenta a la hora de seleccionar el sitio para el emplazamiento de un relleno sanitario. El resto de las escuelas del Partido, han sido excluidas por estar dentro o muy próximas al ejido urbano el cual posee su propio mapa de atributo.

3) Pozos de extracción de agua de Obras Sanitarias del Estado (OSSE)

Los datos digitales del mapa de la distribución geográfica de los pozos de abastecimiento de agua potable pertenecientes a OSSE en el Partido de General Pueyrredón (Figura 7), se obtuvieron mediante una nota de solicitud a dicha Empresa.

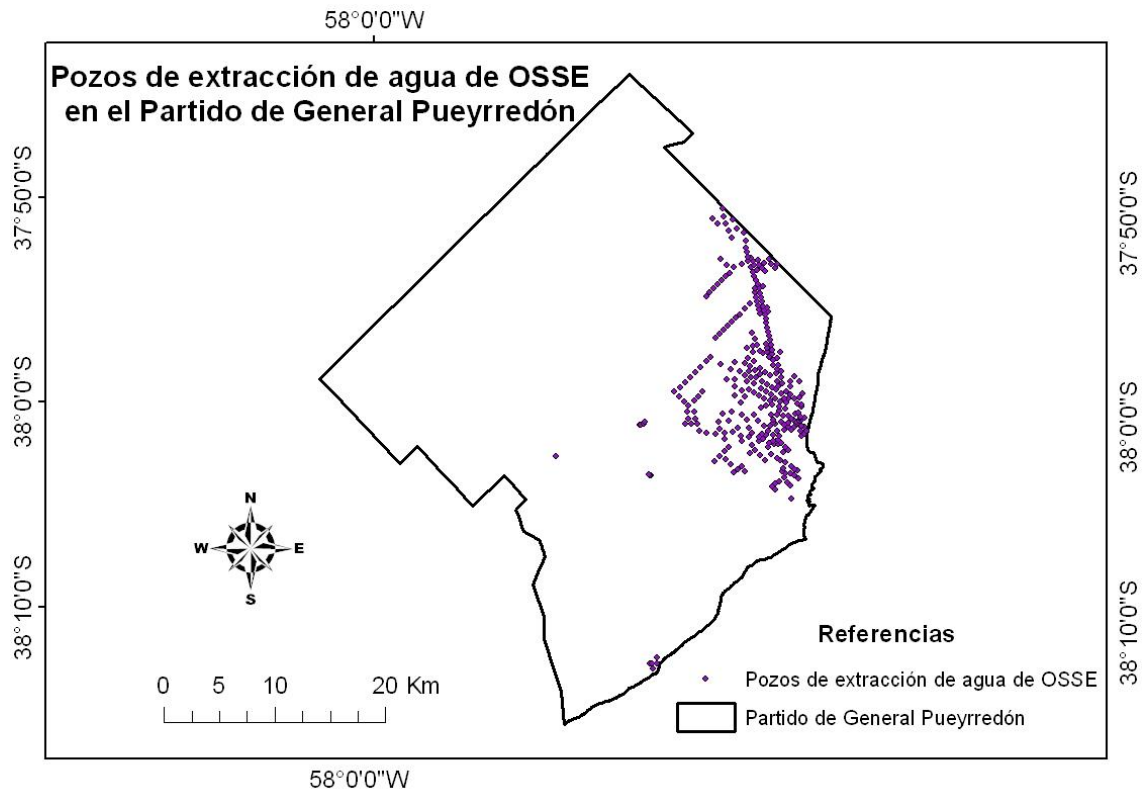


Figura 7. Pozos de extracción de agua potable del Partido de General Pueyrredón

El radio servido de agua corriente es de 27.071 cuadras que representan el 88% del total de cuadras del ejido urbano. Este sistema de abastecimiento de agua potable está compuesto por tres subsistemas:

a) Acueducto Norte

El Acueducto Norte tiene una longitud de 24,5 kilómetros y está ubicado en forma paralela a la Ruta Nacional N° 2 y se extiende desde el pozo de extracción más lejano, que se ubica en el límite con el Partido de Mar Chiquita, hasta la zona de la Avenida Colón y San Luis.

Se abastece por medio de 96 pozos los cuales transfieren una capacidad de extracción de agua instalada de 6600 m³/hs. según las zonas, su diámetro varía entre 600 y 2000 mm.

El agua de las perforaciones es captada e impulsada hacia el acueducto norte, luego es rebombada desde 5 Estaciones Elevadoras.

- Centro de abastecimiento Szpyrnal
- Estación Elevadora Uruguay y Ayacucho
- Estación Elevadora Plaza Mitre
- Estación Elevadora Torre Tanque Falucho
- Estación Elevadora Tucumán y Almafuerite

b) Acueducto Sur

El Sistema Acueducto Sur posee una longitud de 15 kilómetros y se abastece por medio de 26 pozos de extracción que se ubican en la zona de Parque Industrial, Paraje San Francisco y Ruta N° 88. Estos bombean al acueducto a presión. El diámetro del acueducto varía entre 500 y 800 mm. Según la zona.

Existen dos partes altas en la zona del Acueducto Sur alimentadas por rebombeo. En el extremo del Acueducto Sur se ubica la Estación Elevadora Mario Bravo que cuenta con un tanque elevado y una cisterna, donde se almacena el agua no consumida en el acueducto a través de sus derivadoras:

- Mario Bravo
- Tapia
- Talcahuano

c) Pozos en red

Aquellas zonas en las cuales no es posible su alimentación desde las estaciones elevadoras se abastecen desde pozos en red.

El total de pozos que abastecen la red en la ciudad de Mar del Plata es de 97 y el caudal capaz de suministrar es de aproximadamente 6200 m³/hs.

4) Hidrología superficial

a) Arroyos

La red de drenaje del Partido de General Pueyrredón esta compuesta por cursos de agua tanto permanentes como intermitentes y se caracteriza por su baja densidad.

El Partido de General Pueyrredón no tiene ríos pero cuenta con quince cuencas de drenajes constituidas por arroyos (Figura 8). 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 (Camino y Martinez, 1995).

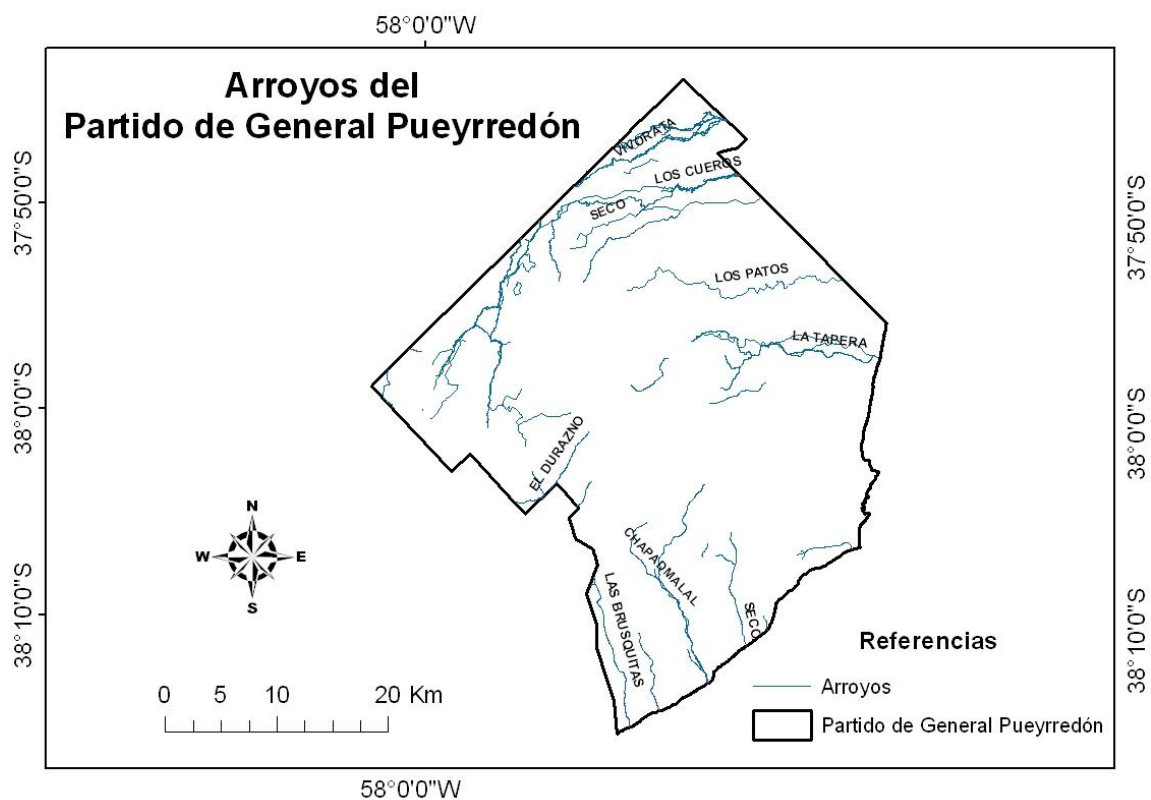


Figura 8. Arroyos del Partido de General Pueyrredón.

Una cuenca de drenaje (o cuenca hidrográfica) es un área de la superficie del terreno en la cual el agua, los sedimentos y los materiales disueltos escurren hacia un punto en común. Este escurrimiento se da siguiendo las pendientes y va generando cauces de diferente magnitud que conforman la llamada red de drenaje. Básicamente, entonces, existen dos elementos

geomorfológicos que integran una cuenca: la red de drenaje y las divisorias (o zonas topográficamente más altas) que dividen aguas y limitan dicha cuenca.

La red de drenaje del Partido de General Pueyrredón posee dos divisorias de agua que determinan dos vertientes: una vertiente norte y una sur.

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 (Camino y Martinez, 1995).

b) Lagunas

En el mapa ilustrado en la Figura 9, puede observarse que el Partido de General Pueyrredón posee tres lagunas, siendo la Laguna de Sierra de los Padres la más grande e importante.

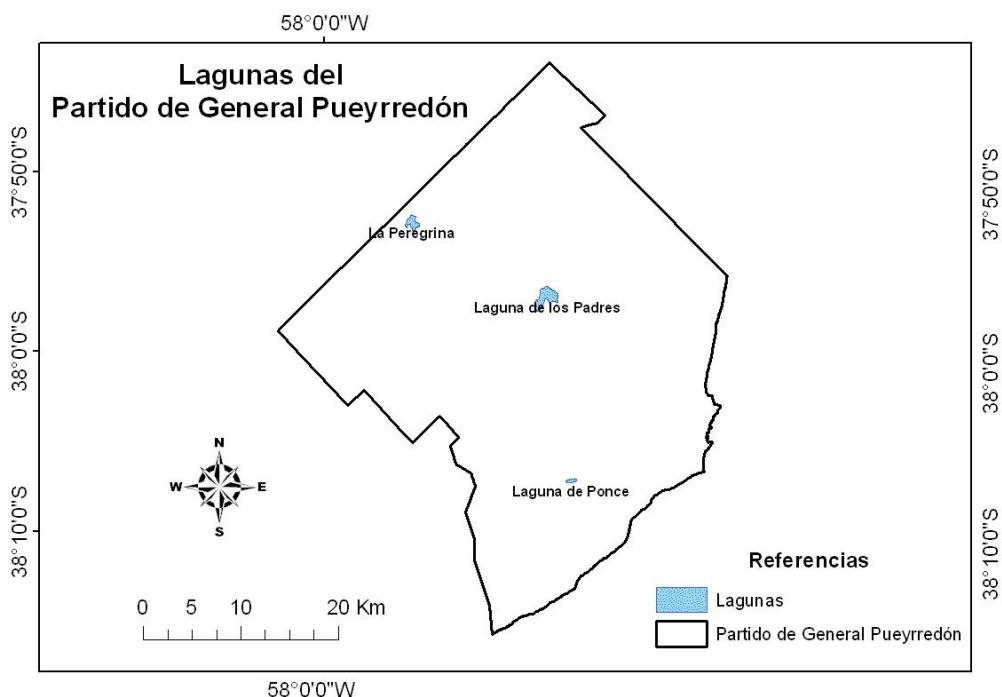


Figura 9. Lagunas del Partido de General Pueyrredón.

La *laguna de Los Padres* se encuentra sobre la ruta 226 a 18 kilómetros de la ciudad de Mar del Plata. Esta ubicada a $37^{\circ}56'10''$ de latitud Sur y a $57^{\circ}44'06''$ de longitud Oeste. Por otra parte, y recorriendo la autovía 2, se sitúa a unos 420 kilómetros de Capital Federal.

Esta laguna es de propiedad fiscal (es Reserva Natural Integral). Tiene como afluente permanente al arroyo de Los Padres y, como emisario, al arroyo La Tapera.

Posee una superficie de 380 hectáreas con una profundidad media de 2 metros y con una máxima aproximada de 5 metros. Tiene agua bastante clara, aunque con abundantes algas que dificultan la navegación y la natación, y obligan a su control permanente.

El espejo de agua del ecosistema de la laguna de los Padres es léntico, es decir sin grandes movimientos.

Su cuenca ha sido elaborada por deflación (acción erosiva del viento) en una época de clima árido. El nivel del agua permaneció constante hasta el año 1926, cuando se llevo a cabo la construcción de una esclusa en la desembocadura para elevarla artificialmente.

Sobre las costas de la laguna hay distintos centros recreativos, como el Club de Pesca y amplias áreas boscosas libres para recreación varia. Sus costas son de barrancas bajas de tosca y suave declive de barro con displayados y limpiones entre cantidad de juncales emergentes en sus orillas que por largas extensiones impiden la pesca.

La *laguna La Peregrina* se encuentra en la cuenca de arroyos del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Esta ubicada entre la laguna La Brava (Partido de Balcarce) y la laguna de Sierra de los Padres nombrada anteriormente. Su posición geográfica es $37^{\circ}52'03,4''$ latitud Sur y $57^{\circ}53'46,4''$ longitud Oeste y su superficie aproximada es de 90 hectáreas.

A partir de un canal construido desde el arroyo Vivoratá, ingresa agua a la laguna manteniendo el nivel de la misma. Sobre una de sus márgenes posee un murallón de contención y una compuerta que permite regular su volumen de agua.

Existe un muelle, una isla, y el juncal en su interior es ralo; presenta baja asistencia de pescadores deportivos de pejerrey.

Este ambiente se denominaba en el pasado “La Invernada” y era un lugar de descanso de tropas y carretas.

La *laguna de Ponce* se encuentra ubicada a $38^{\circ} 6' 32,36''$ de latitud sur y a $57^{\circ}42'1,88''$ de longitud oeste.

Esta laguna es la cabecera del arroyo Las Chacras. Esta ubicada en un bajo que se transforma en laguna bajo ciertas condiciones climáticas y por ello se dice que es una laguna temporal o intermitente (su espejo de agua no se puede observar en forma continua).

5) Aeropuerto

El Aeropuerto Internacional Astor Piazzolla, se encuentra ubicado en la localidad de Camet, a unos 7 kilómetros hacia el norte del centro de Mar del Plata, en la Provincia de Buenos Aires.

Su dirección es autovía 2, Km. 398,5 y sus coordenadas son latitud $37^{\circ} 56' 04''$ S y longitud $57^{\circ} 34' 24''$ O (Figura 10). Su único acceso es desde la autovía 2, que une a Mar del Plata con Buenos Aires.

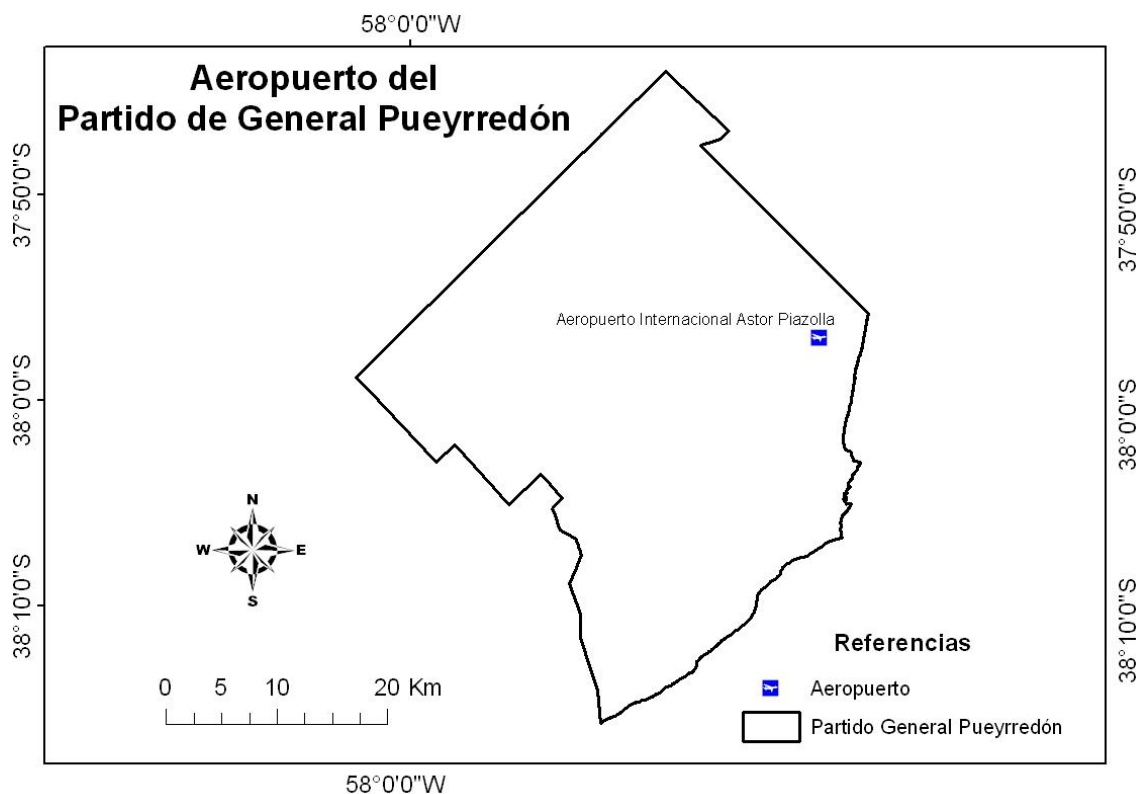


Figura 10. Aeropuerto del Partido de General Pueyrredón.

El edificio actual se construyó en 1978, con motivo de celebrarse la Copa Mundial de Fútbol. En 1994, también debido a un evento deportivo como fueron los Juegos

Panamericanos de 1995, se realizó una ampliación de la terminal y con esto se obtuvo la superficie total que ocupa hoy en día.

El 20 de octubre de 1998, Aeropuertos Argentina 2000 se hizo cargo de la concesión. Diez años más tarde, el 20 de agosto de 2008 el nombre de este aeropuerto (Brigadier Bartolomé de la Colina) fue reemplazado por el de Astor Piazzolla, músico y compositor muy reconocido nacido en Mar del Plata.

6) Aeroclubes

El Partido de General Pueyrredón cuenta con dos aeroclubes de gran importancia turística y recreativa. Como se puede observar en la Figura 11, los mismos se encuentran ubicados muy próximos unos de otros.

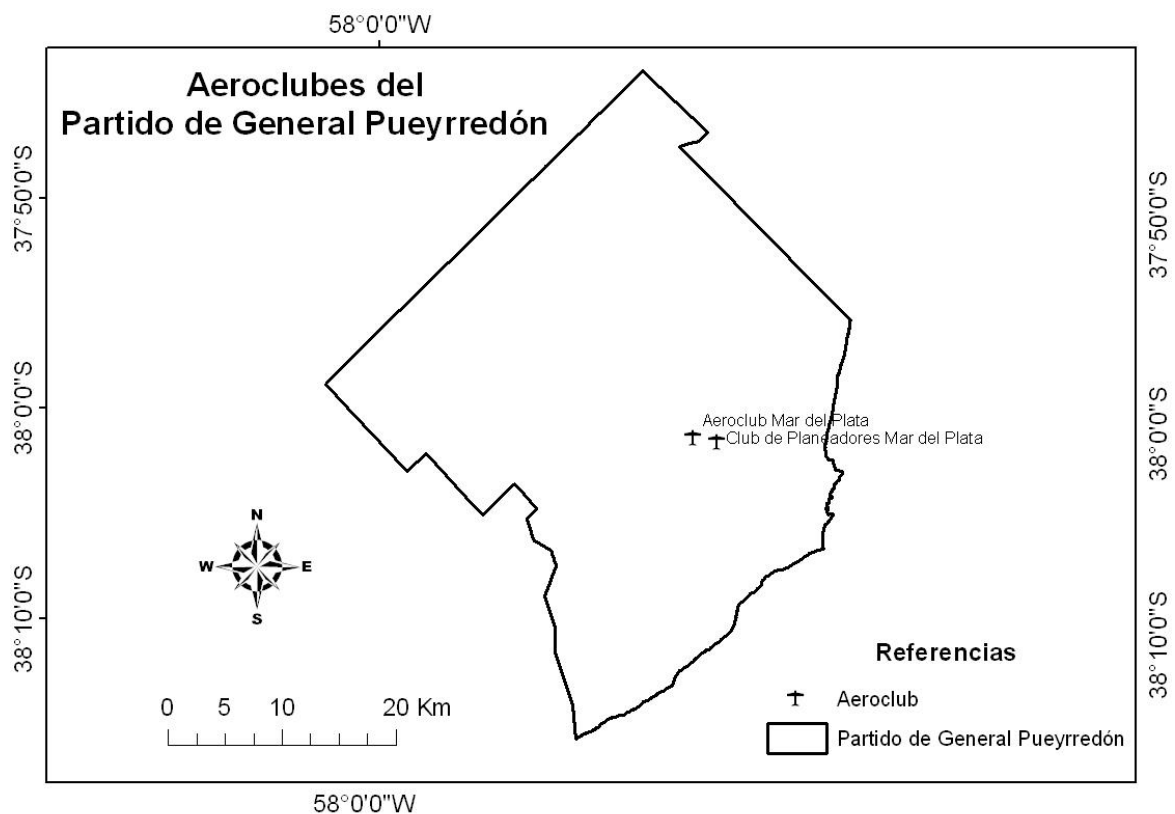


Figura 11. Aeroclubes del Partido de General Pueyrredón

El *Aeroclub Mar del Plata* se encuentra ubicado sobre ruta 88, que va de Mar del Plata a Necochea, a 9,5 kilómetros del centro de la ciudad.

Es uno de los aeroclubs del sudeste bonaerense con mayor actividad, tanto institucional como de aeronaves privadas.

El predio donde se encuentra ubicado posee 32 hectáreas dentro del cual se encuentra la sede del club, oficinas para su administración, hangar de mantenimiento, torre de control, 15 hangares propiedad de los socios, una pista de césped de 800 metros de largo y 30 metros de ancho con sus respectivos rodajes, servicios públicos y tanques de combustible para abastecimiento de aviones.

El *Club de Planeadores Mar del Plata* se encuentra ubicado en el Km. 6,5 de la ruta provincial 88.

Fue fundado el 27 de septiembre de 1936 por un grupo de entusiastas liderados por Fausto Tosso y Roland Humme. Es una asociación civil sin fines de lucro dedicada a practicar y divulgar el vuelo a vela. El vuelo a vela es un deporte aéreo que consiste en pilotear un planeador para recorrer distancias y elevarse sin más ayuda que los movimientos de masas de aire que se producen en la atmósfera.

El Club de Planeadores Mar del Plata, esta declarado de interés turístico por el Ente Municipal de Turismo (EMTUR) de la Municipalidad de General Pueyrredón, además de estar reconocido por el Ente Municipal de Deportes (EMDER) de la misma; también se encuentra asociado a la federación Argentina de Vuelo a Vela (FAVAV).

7) Pendiente del terreno

Los mapas de pendientes o gradientes, permiten obtener una visión general de la distribución geográfica de los ángulos de las pendientes de una región.

Según Strahler (1979) citado por Cionchi (1995), con el termino “pendiente” se define genéricamente en geomorfología a los elementos geométricos de la superficie sólida de la Tierra que divergen con respecto a la horizontal. Las pendientes posibilitan movimiento del agua bajo la acción de la gravedad, y consecuentemente la formación y desarrollo de los sistemas de drenaje a través de los cuales, el agua retorna al mar completando el ciclo hidrológico.

El mapa de pendientes (Figura 12), lo he elaborado a partir de un mapa de curvas de nivel del Partido de General Pueyrredón (Figura 13), mediante la herramienta Spatial Analyst del ArcGis 9.3.

Ambos mapas se ilustran a continuación.

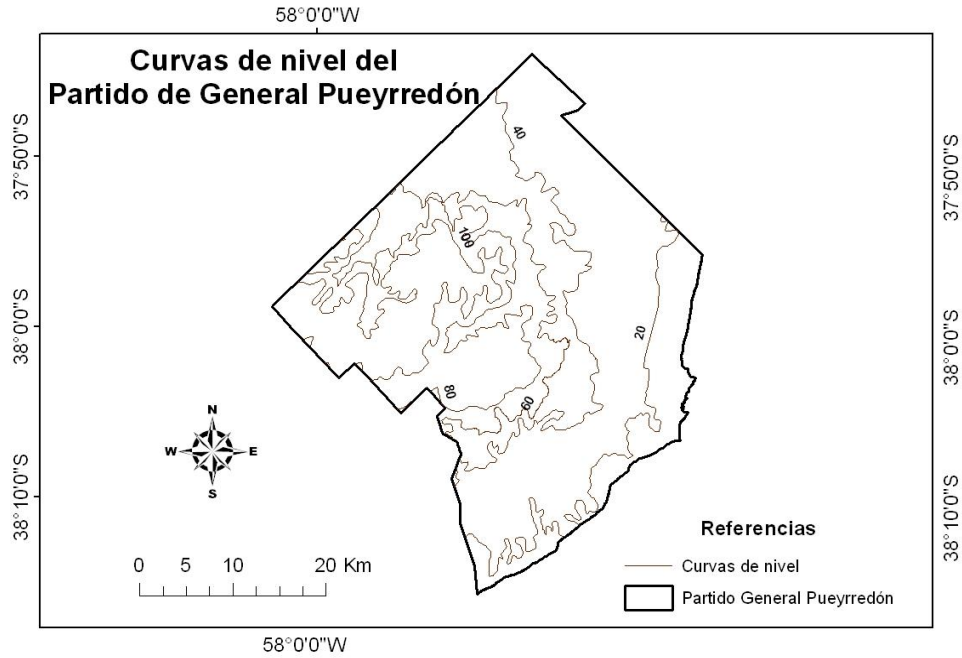


Figura 12. Mapa de curvas de nivel del Partido de General Pueyrredón.

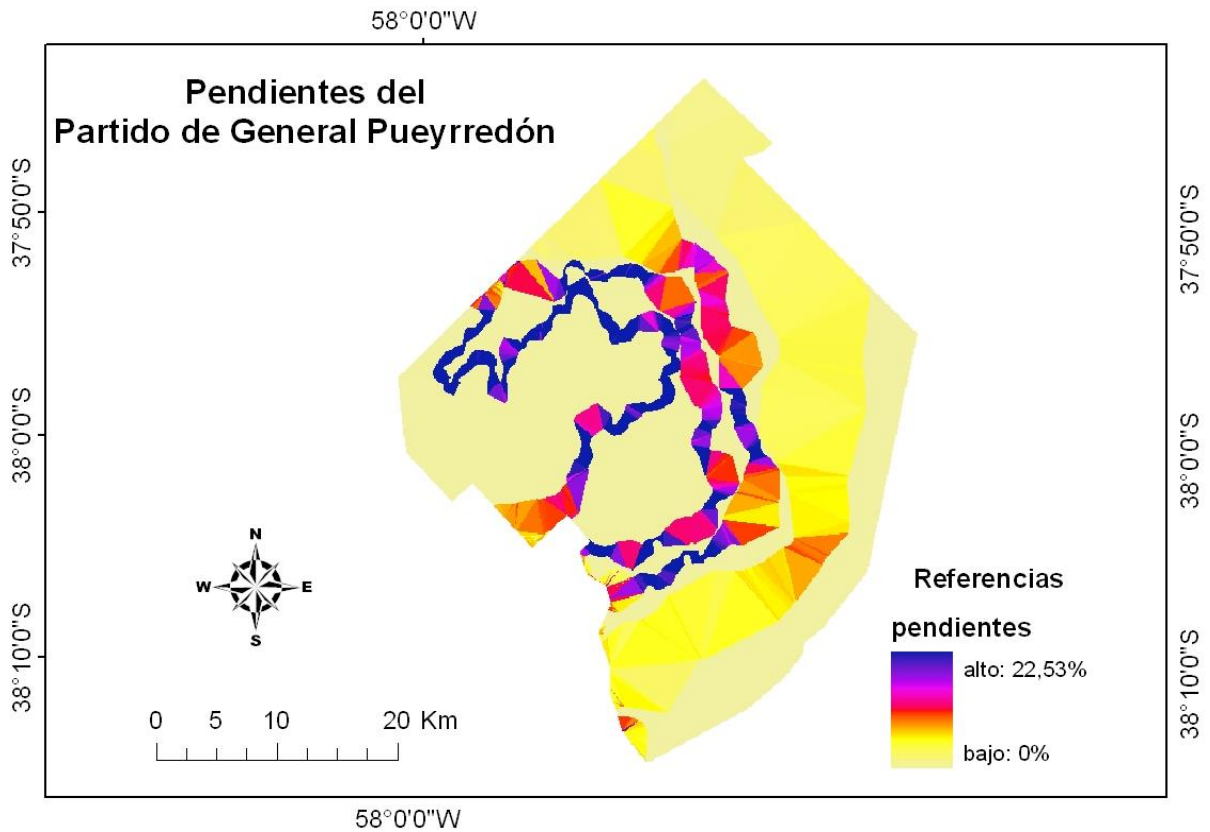


Figura 13. Mapa de pendientes del terreno del Partido de General Pueyrredón

Como se puede observar en la Figura 13, en el Partido de General Pueyrredón, predominan en general, valores de declives inferiores a 3 grados, lo que en términos porcentuales significa alrededor de un 5%. Las pendientes de mayor nivel, ocupan una franja de algo más de 5 kilómetros de ancho por unos 25 kilómetros de largo y se ubican en el sector medio occidental del Partido. Estos valores de mayor rango, predominan en sectores coincidentes con los frentes serranos, los declives menores, caracterizan a las cumbres planas y a las planicies fluvioeólicas. Por último, los valores intermedios (aunque inferiores a 6 grados) caracterizan a los ambientes de lomadas (Cionchi, 1995).

La observación del mapa de pendientes del Partido, permite comprobar el significativo dominio de pendientes suaves, en el rango de 0 a 3 grados (entre el 0% y el 5% aproximadamente), y en una menor proporción de aquellas que se encuentran entre los 3 y los 13 grados aproximadamente (entre el 5% y el 23% aproximadamente). Las pendientes de mayor declive, presentes en frentes serranos y acantilados marinos, resultan prácticamente insignificantes.

8) Profundidad del agua subterránea

El mapa de profundidad de agua subterránea, ha sido realizado a partir de la resta algebraica del Modelo de Elevación Digital del Terreno (DEM) y del mapa de curvas piezométricas del Partido (Figura 14).

Un adecuado conocimiento de los recursos hídricos subterráneos es de fundamental importancia para poder establecer pautas correctas de manejo del único recurso hídrico que presenta el Partido de General Pueyrredón (Cionchi, 1995). Este mapa indica las profundidades a la que se encuentra el primer nivel de agua. Los valores están representados en metros bajo el nivel del terreno (mbnt).

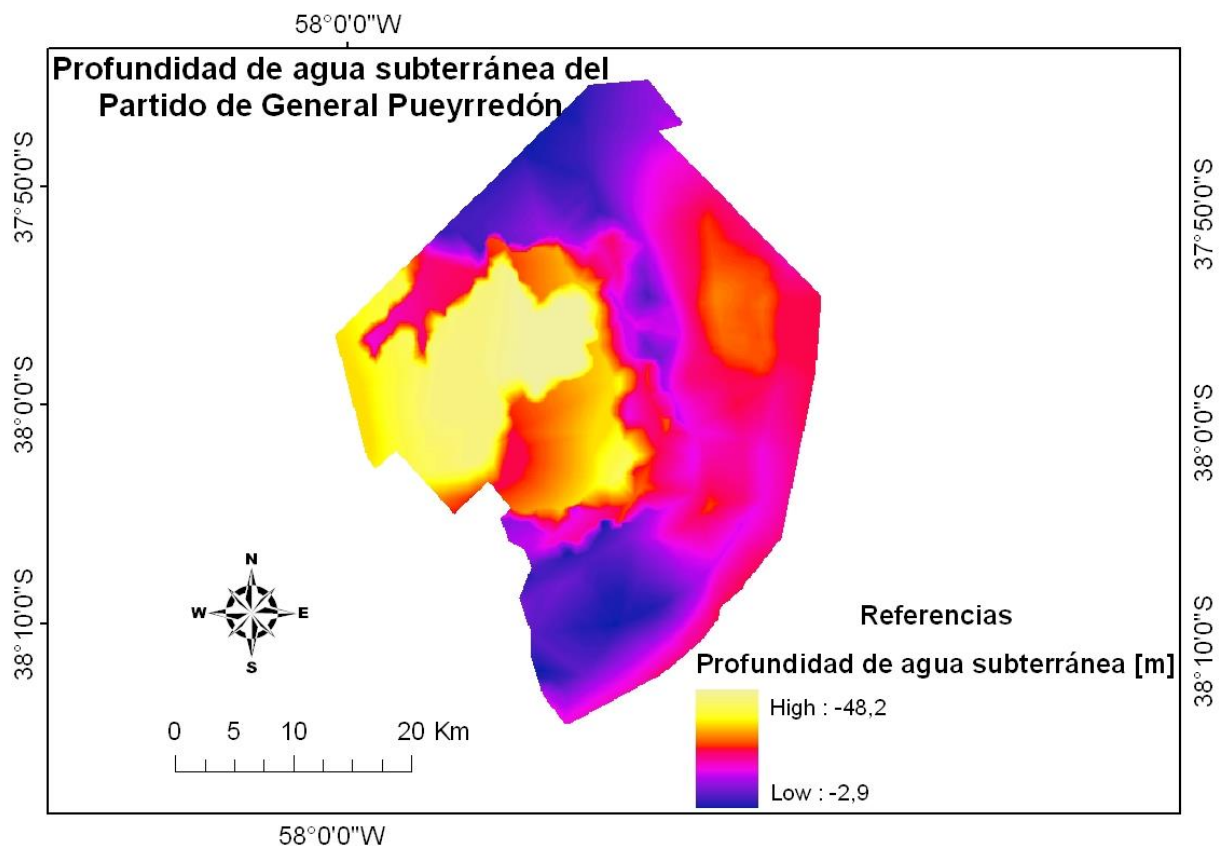


Figura 14. Mapa de profundidad de agua subterránea del Partido de General Pueyrredón.

La observación del mapa permite diferenciar dos grandes conjuntos de valores de profundidad del agua subterránea. El primer de ellos agrupa a los valores de profundidades menores a los 10 metros y el conjunto restante está caracterizado por el predominio de profundidades mayores a los 10 metros.

ETAPA 3: consiste en **aplicar la técnica de EMC para determinar las zonas aptas y no aptas** que presenta el Partido para emplazar un relleno sanitario de acuerdo a las restricciones impuestas por la normativa ambiental vigente.

Como se ha comentado anteriormente, la EMC se basa en que la actividad objeto de estudio va a estar definida por una serie de variables socio-ambientales. Dichas variables van a influir de manera positiva (zonas aptas) o negativa (zonas no aptas) sobre la actividad objeto de decisión.

Las restricciones son representadas en mapas binarios o booleanos (solo pueden adoptar valores de 0 y 1). Las zonas excluidas del análisis tienen valor 0, las cuales corresponden a las

zonas no aptas que presenta el Partido para tal fin, o bien a categorías de usos del suelo incompatibles con la analizada.

Para cada mapa descrito en la Etapa 2, se han realizado, con el software ArcGis 9.3, nuevos mapas en donde pueden visualizarse las restricciones correspondientes. Con color verde se marcaron las zonas aptas, mientras que con rojo las zonas no aptas.

1) Área Urbana

- La distancia mínima a la que se puede encontrar un relleno sanitario del área de traza urbana es de **2.500 metros** (Figura 15).
- FUENTE: Restricciones impuestas por el pliego de bases y condiciones para el llamado a: licitación pública nacional e internacional para la construcción y operación del servicio para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios y asimilables generados en el Partido de General Pueyrredón – Provincia de Buenos Aires, año 2000.

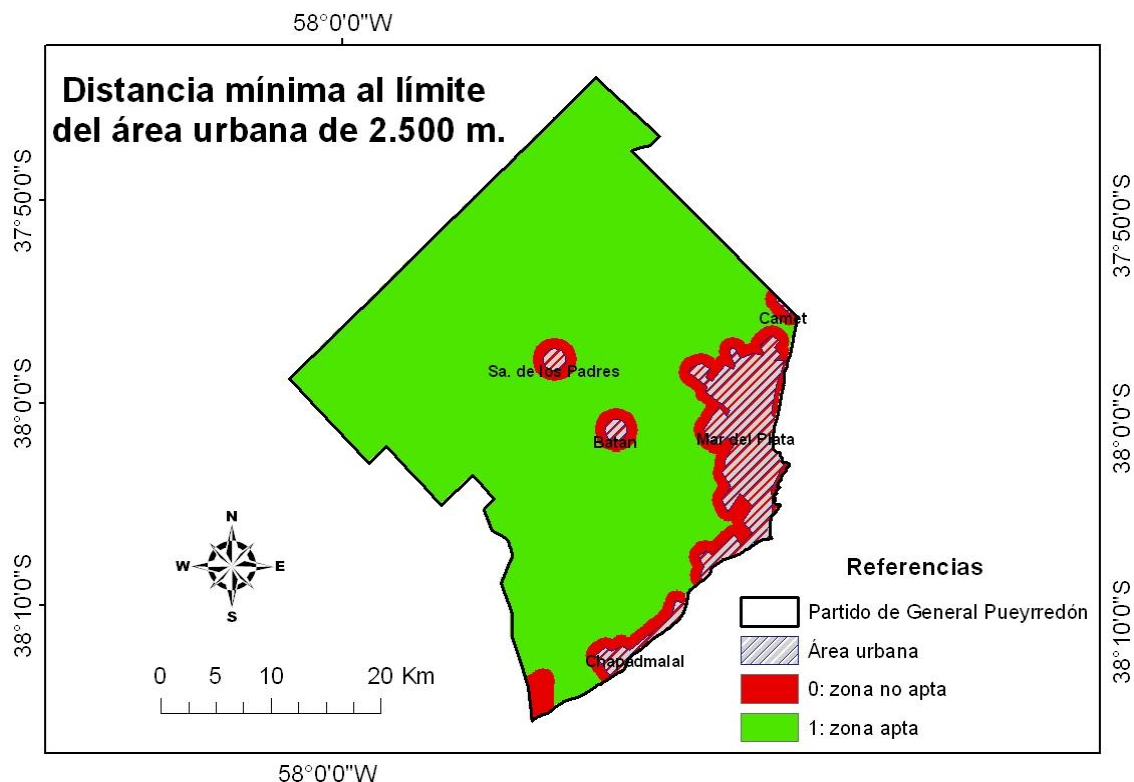


Figura 15. Mapa de distancia mínima al área urbana del Partido de General Pueyrredón.

2) Distribución geográfica de escuelas Rurales

- La distancia mínima a la que se puede encontrar un relleno sanitario de los establecimientos escolares es de **2.500 metros** (Figura 16).
- FUENTE: Restricciones impuestas por el pliego de bases y condiciones para el llamado a: licitación pública nacional e internacional para la construcción y operación del servicio para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios y asimilables generados en el Partido de General Pueyrredón – Provincia de Buenos Aires, año 2000.

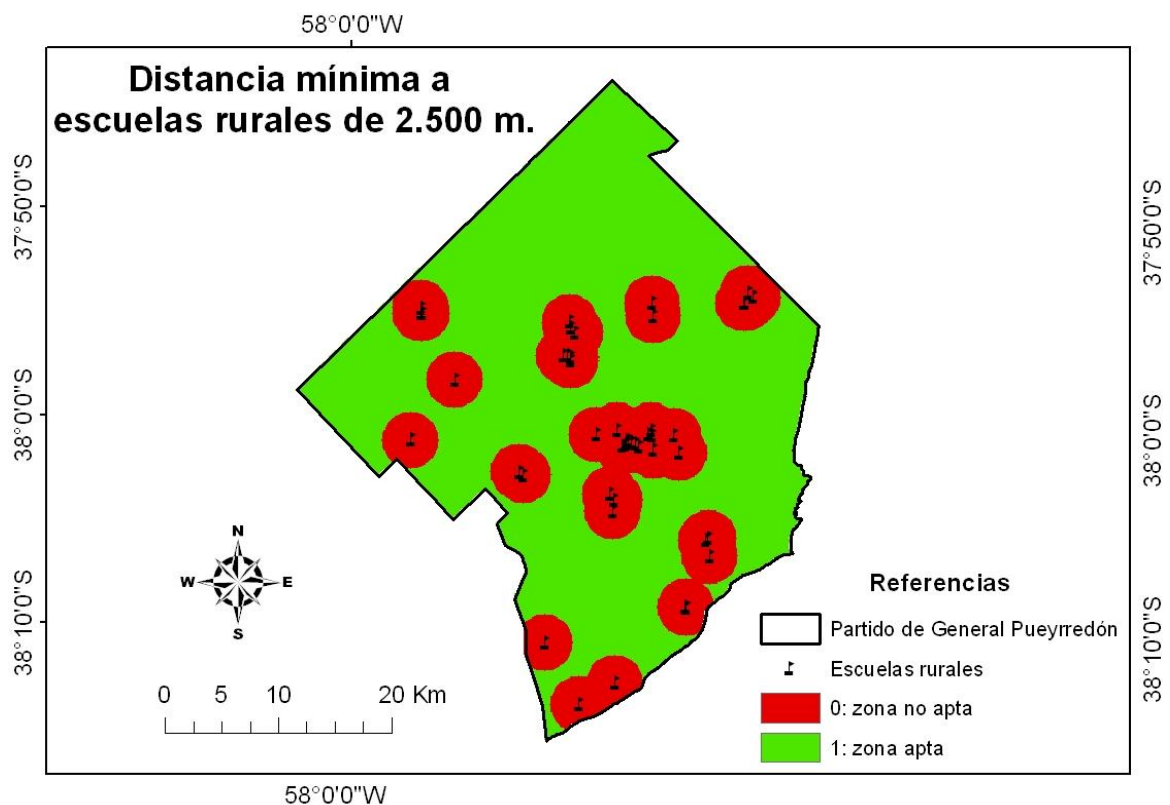


Figura 16. Mapa de distancia mínima a escuelas rurales del Partido de General Pueyrredón.

3) Pozos de extracción de agua de Obras Sanitarias del Estado (OSSE)

- La distancia mínima a la que se puede encontrar un relleno sanitario de pozos de extracción de agua potable es de **500 metros** (Figura 17).

- FUENTE: Resolución 1143/02 de la Provincia de Buenos Aires: Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios. Sección: “carga diaria a disponer mayor a 50 toneladas”.

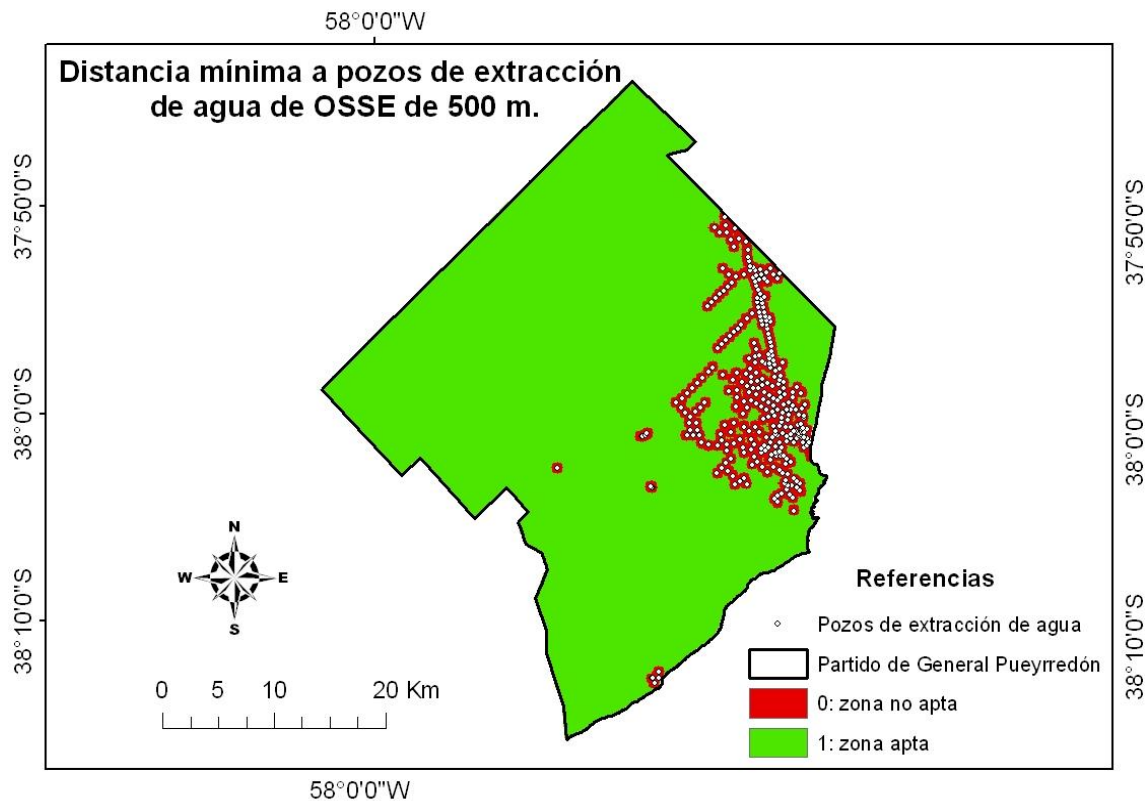


Figura 17. Mapa de distancia mínima a pozos de extracción de agua de OSSE del Partido de General Pueyrredón.

4) Hidrología Superficial

a) Arroyos

- La distancia mínima a la que se puede encontrar un relleno sanitario de los arroyos es de **1.000 metros** (Figura 18).
- FUENTE: DE LUCA, M (1999): “Tecnología de la disposición final mediante el método de relleno sanitario. Estudios previos y selección de emplazamiento”. Asociación para el estudio de los Residuos Sólidos. Buenos Aires, Argentina.

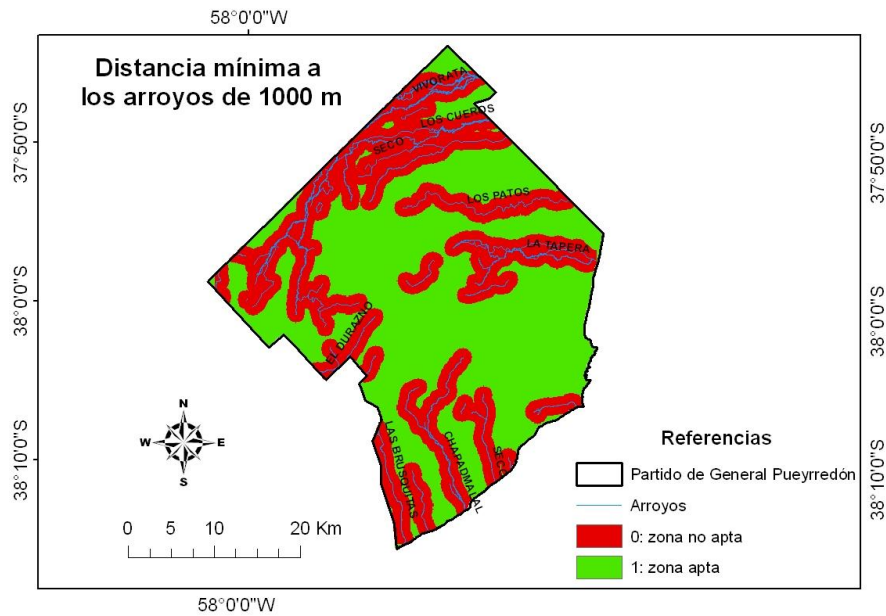


Figura 18. Mapa de distancia mínima a arroyos del Partido de General Pueyrredón.

b) Lagunas

- La distancia mínima a la que se puede encontrar un relleno sanitario de las lagunas es de **1.000 metros** (Figura 19).
- FUENTE: DE LUCA, M (1999): “Tecnología de la disposición final mediante el método de relleno sanitario. Estudios previos y selección de emplazamiento”. Asociación para el estudio de los Residuos Sólidos. Buenos Aires, Argentina.

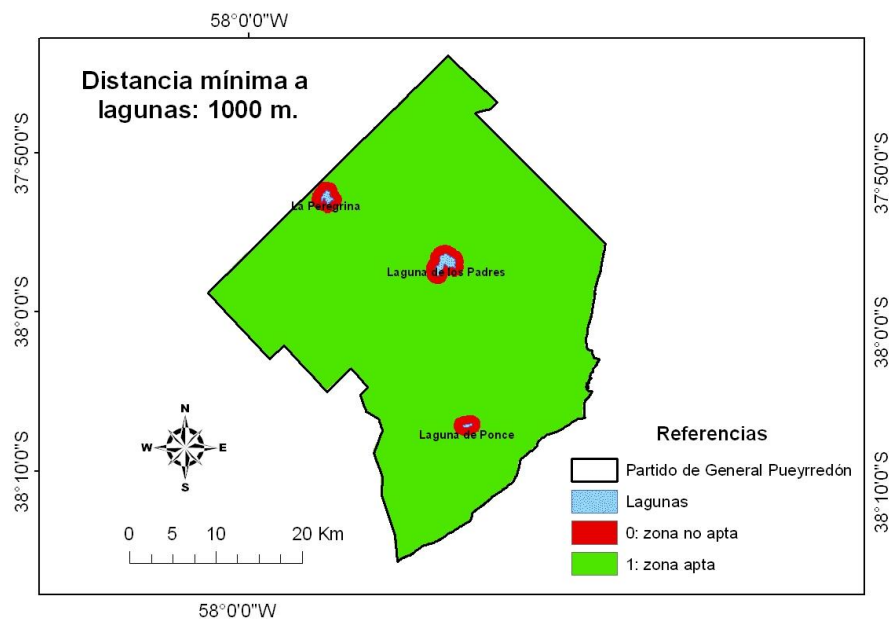


Figura 19. Mapa de distancia mínima a lagunas del Partido de General Pueyrredón.

5) Aeropuerto

- La distancia mínima a ubicar un relleno sanitario de aeropuertos y/o aeródromos deberá ser de **3.000 metros** en el caso que operen aviones de motor a turbina (Figura 20).
- FUENTE: Resolución 1143/02 de la Provincia de Buenos Aires: Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios. Sección: “carga diaria a disponer mayor a 50 toneladas”.

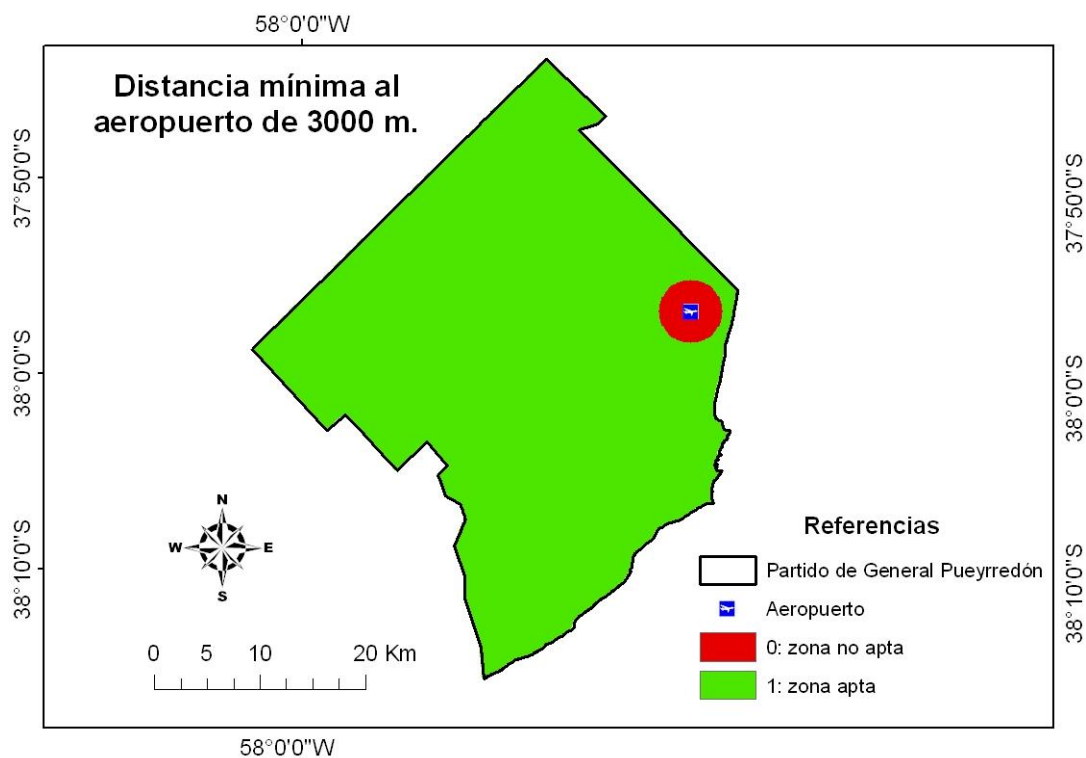


Figura 20. Mapa de distancia mínima al aeropuerto del Partido de General Pueyrredón.

6) Aeroclubes

- La distancia mínima a ubicar un relleno sanitario de aeropuertos y/o aeródromos deberá ser de **1.500 metros** en el caso que operen motor a pistón o turbohélice (Figura 21).
- FUENTE: Resolución 1143/02 de la Provincia de Buenos Aires: Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios. Sección: “carga diaria a disponer mayor a 50 toneladas”.

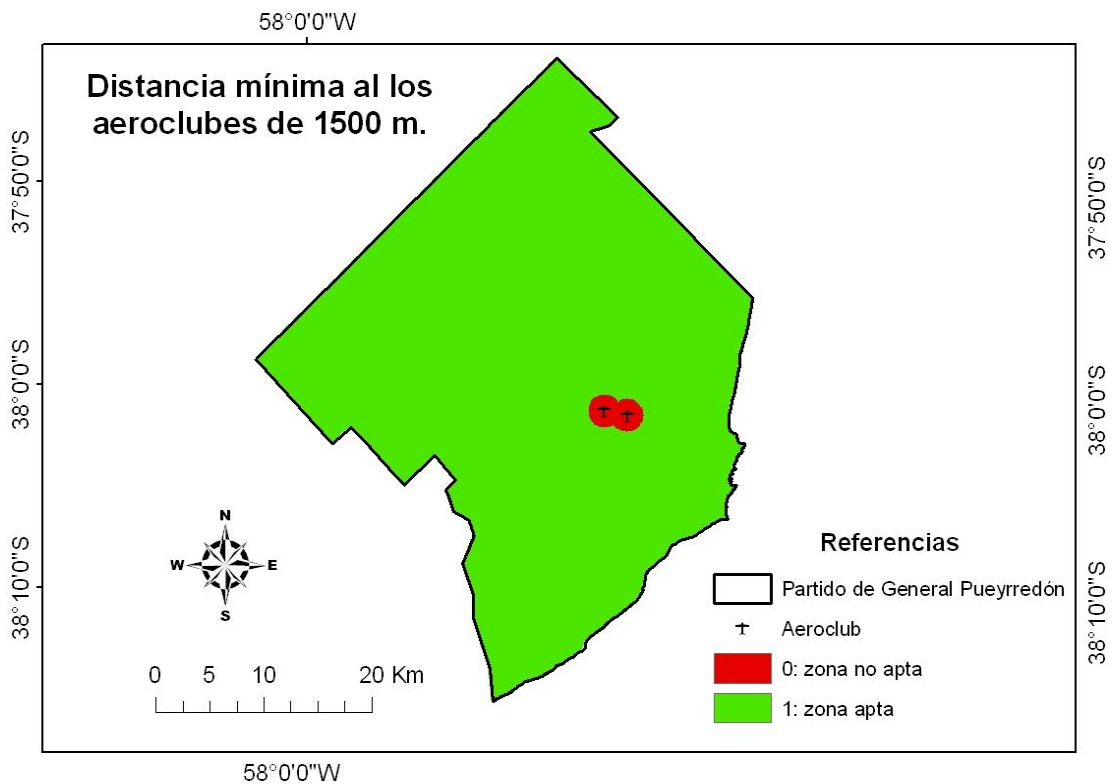


Figura 21. Mapa de distancia mínima a los aeroclubes del Partido de General Pueyrredón.

7) Pendiente del terreno

- Un relleno sanitario debe ser emplazado en zonas donde la pendiente del terreno sea suave. En este sentido, se considerarán como zonas aptas aquellas en que la pendiente no supere el 2% (Figura 22).
- FUENTE: Determinación propia a partir de la lectura bibliográfica y la observación del mapa de pendientes que he presentado en la Etapa 2.

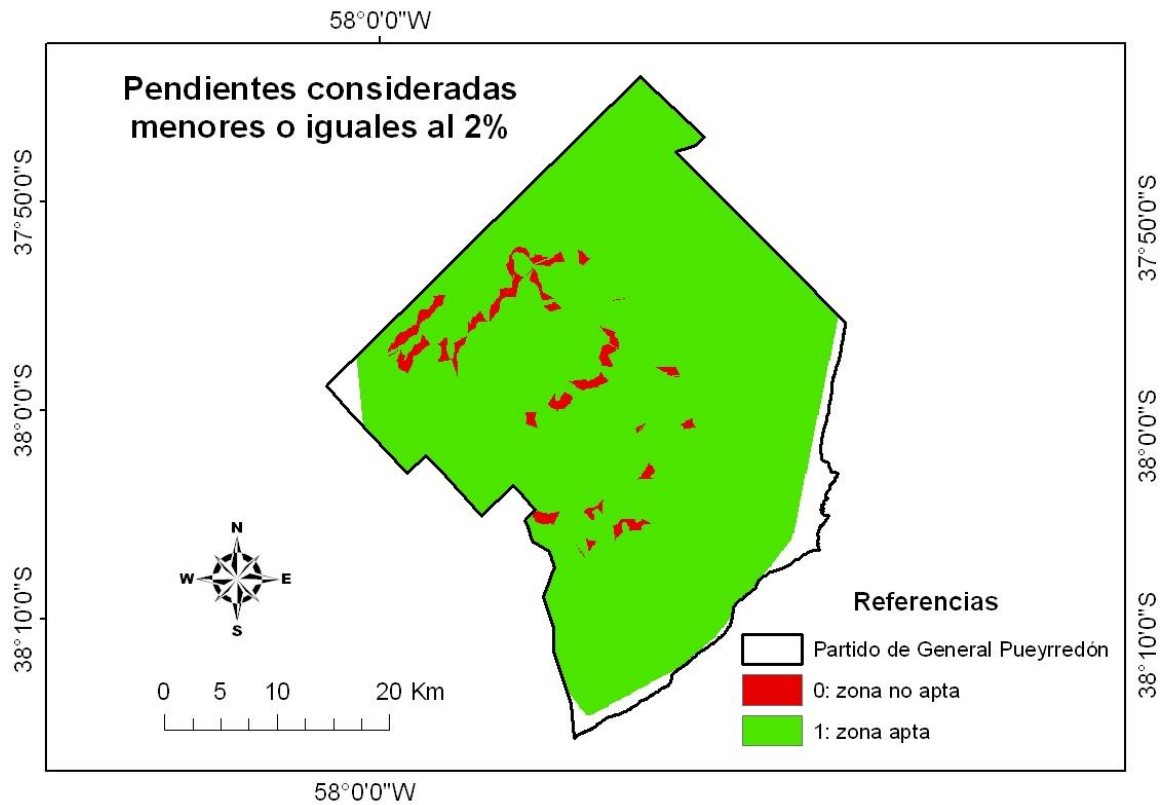


Figura 22. Mapa de pendientes máximas permitidas.

Aclaración: los sectores que figuran en color blanco corresponden a zonas en las que no hay registrados datos digitales.

8) Profundidad del agua subterránea

- La profundidad del agua subterránea bajo la base del relleno sanitario debe ser mayor o igual a **10 metros** (Figura 23).
- FUENTE: DE LUCA, M (1999): "Tecnología de la disposición final mediante el método de relleno sanitario. Estudios previos y selección de emplazamiento". Asociación para el estudio de los Residuos Sólidos. Buenos Aires, Argentina.

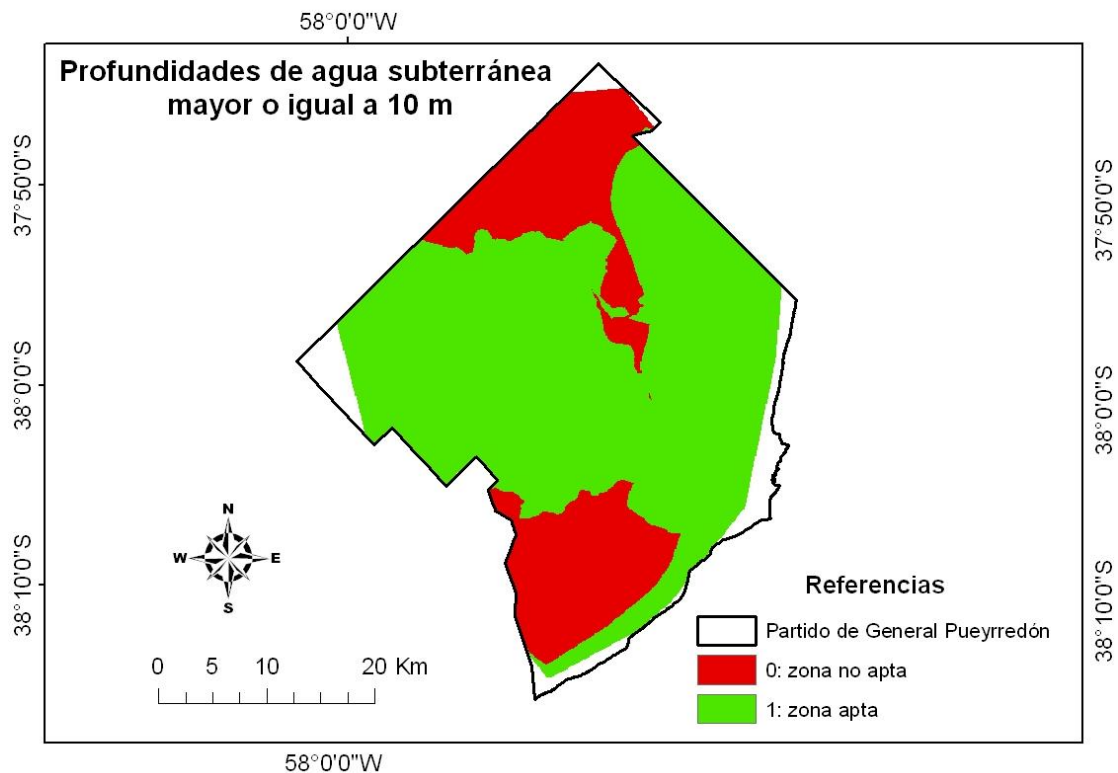


Figura 23. Mapa de profundidad mínima permitida de agua subterránea.

Aclaración: los sectores que figuran en color blanco corresponden a zonas en las que no hay registrados datos digitales.

ETAPA 4: una vez realizada la digitalización de los mapas de restricciones mencionadas en la Etapa 3 sobre las variables socio-ambientales, se ha utilizado la herramienta Spatial Analyst del software ArcGis 9.3 para llevar a cabo la “multiplicación binaria” de los mapas raster con restricciones booleanas obtenidos en la etapa anterior, llegando a un nuevo mapa resultado. Esta multiplicación puede ser entendida como el resultado de la superposición de las variables utilizadas, de manera tal que, donde coinciden los “valores 1” de todas esas variables, es marcado como un sitio apto.

En una visualización esquemática, la multiplicación binaria de los mapas nombrada anteriormente resulta:

MODELO BOOLEANO

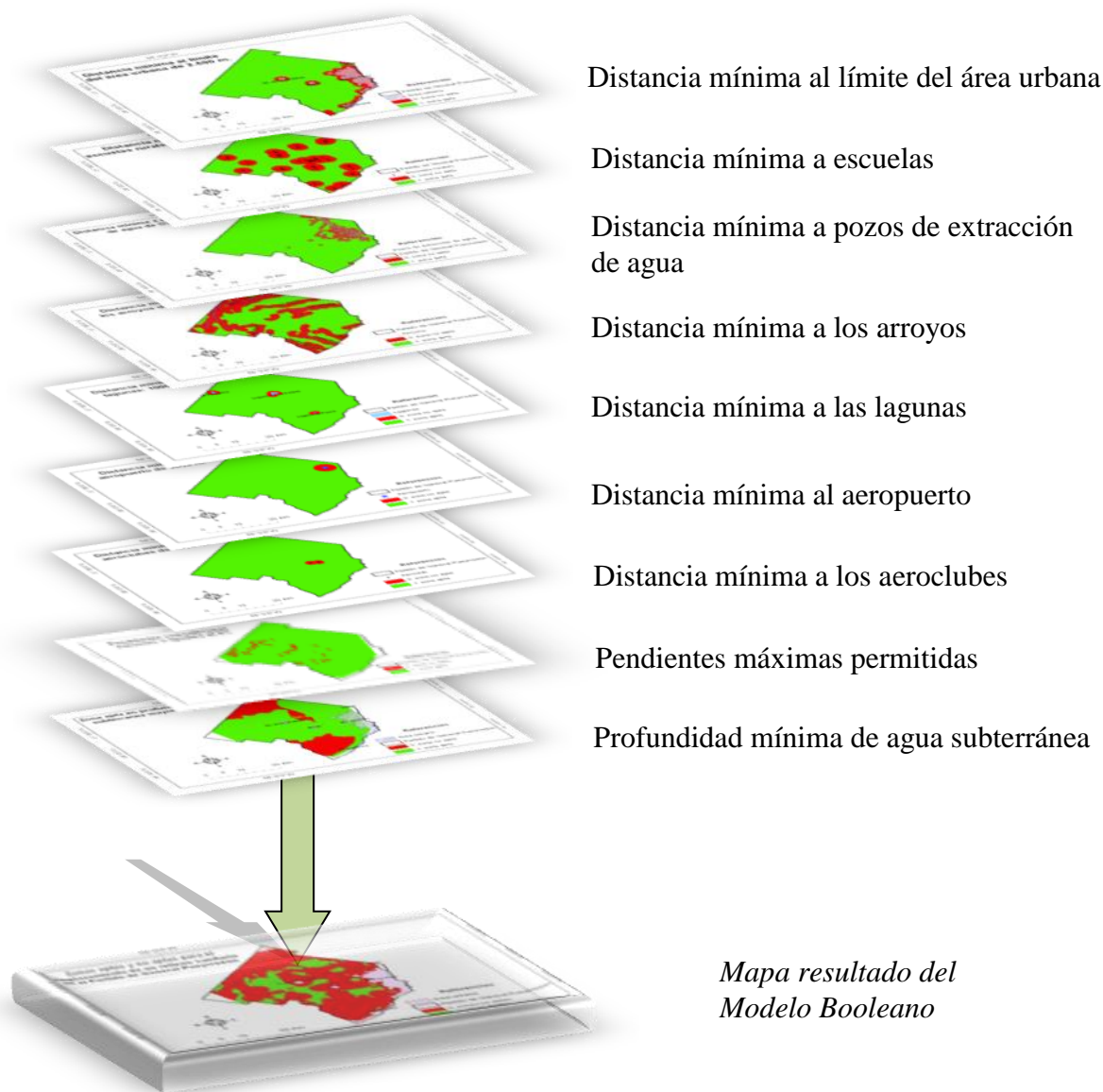


Figura 24. Multiplicación binaria de los mapas raster.

En el Capítulo VII se presentará con más detalle el *mapa resultado* obtenido luego de la “superposición” de todos los mapas mencionados en la Etapa anterior. Además, se ubicaran espacialmente los escenarios considerados como factibles para el emplazamiento de un relleno sanitario dentro del Partido de General Pueyrredón.

Capítulo VI

Proyección demográfica y cálculo del
área necesaria para el emplazamiento
de un relleno sanitario.

PROYECCIÓN DEMOGRÁFICA EN EL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDÓN UTILIZANDO EL MÉTODO DE TASAS MEDIAS ANUALES DECRECIENTES.

FÓRMULAS

El método de tasas medias anuales decrecientes es apto para localidades que han sufrido un aporte migratorio o un incremento de la población significativo en el pasado reciente, debido a factores que generan atracción demográfica tales como, por ejemplo instalación de parques industriales, mejores niveles de ingreso y/o calidad de vida, nuevas vías de comunicación, etc. y cuyo crecimiento futuro previsible sea de menor importancia (Cifuentes, 2007).

La tasa media anual para la proyección de la población se define en base al análisis de las tasas medias anuales de los dos últimos períodos intercensales.

Se determinan las tasas medias anuales de variación poblacional de los dos últimos períodos. La información básica necesaria para la aplicación del método son los datos estadísticos de población de los últimos tres censos nacionales de la localidad.

Las fórmulas utilizadas para calcular la tasa media anual de variación según este método, son:

$$I_I = \sqrt[n_1]{\frac{P_2}{P_1}} - 1 \quad (1) \quad I_{II} = \sqrt[n_2]{\frac{P_3}{P_2}} - 1 \quad (2)$$

Donde:

I_I = tasa media anual de variación de la población durante el penúltimo período censal.

I_{II} = tasa media anual de variación de la población del último período censal.

P_1 = número de habitantes correspondientes al antepenúltimo censo.

P_2 = número de habitantes correspondientes al penúltimo censo.

P_3 = número de habitantes correspondientes al último censo.

n_1 = número de años transcurridos entre el primero y segundo censo.

n_2 = número de años transcurridos entre el segundo y último censo.

Una vez establecidas las tasas medias anuales de variación, se continúa con las siguientes fórmulas:

$$P_a = P_3 (1 + I)^{na} \quad (3) \quad (\text{subperíodo 1})$$

$$P_n = P_3 (1 + I)^n \quad (4) \quad (\text{subperíodo 2})$$

Donde:

P_a = estimaciones de población existente a la fecha de ejecución del proyecto.

P_n = estimaciones de población al año “n”.

P_3 = número de habitantes correspondientes al último censo.

I = tasa media anual de proyección.

na = número de años transcurridos entre el último censo y la fecha de ejecución del proyecto.

n = número de años transcurridos entre el último censo y la fecha deseada.

Para cada subperíodo se determina la tasa media anual de proyección comparando los valores de las tasas medias históricas I_I e I_{II} . Considerando los datos de los tres últimos censos I_I correspondería a la calculada con los dos primeros valores e I_{II} con los dos últimos. Si I_I resulta menor que I_{II} , la tasa utilizada en la proyección del primer subperíodo debe ser igual al promedio entre ambas, resultando:

$$P_a = P_3 \left[1 + \frac{(I_I + I_{II})}{2} \right]^{na}$$

En el caso que I_I resulte mayor que I_{II} , la tasa de proyección debe ser igual al valor de I_{II} . Resultando:

$$P_a = P_3 (1 + I_{II})^{na}$$

CÁLCULOS

La siguiente información procede de los datos suministrados por El INDEC.

Datos estadísticos de población en los últimos tres censos nacionales en el Partido de General Pueyrredón.

Año	Cantidad de habitantes
1980	434.160 (P₁)
1991	532.845 (P₂)
2001	564.056 (P₃)

Número de años del período censal entre el primero y segundo censo (**n₁**): 11

Número de años del período censal entre el segundo y último censo (**n₂**): 10

Aplicando la ecuación (1) resulta:

$$I_I = \sqrt[11]{\frac{532.845}{434.160}} - 1 = 0,0188$$

Aplicando la ecuación (2) resulta:

$$I_{II} = \sqrt[10]{\frac{564.056}{532.845}} - 1 = 0,0057$$

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, y debido a que **I_I** resulta mayor que **I_{II}**, la tasa de proyección utilizada para los próximos cálculos será **I_{II}**.

- **Proyección de la población del Partido de General Pueyrredón al año de elaboración del proyecto:**

Datos:

Año de elaboración del proyecto: 2010. Por lo tanto el número de años transcurridos entre el último censo y la fecha de ejecución del proyecto (**na**) es de 9 años.

Tasa de proyección utilizada (**I_{II}**): 0,0057

P₃: 564.056 habitantes

Aplicando la ecuación (3) resulta:

$$P_a = 564.056 (1 + 0,0057)^9 = 593.660 \text{ habitantes.}$$

A los fines de ajustar el resultado, he considerado un error del 5% en el cálculo. Este valor surge de comparar el resultado obtenido con los proyectados por el INDEC para el mismo año.

$$P_a = 593.660 \text{ habitantes} \pm 29.683 \text{ habitantes}$$

$$563.977 \text{ habitantes} < P_a < 623.343 \text{ habitantes}$$

A los efectos de lograr los objetivos del presente capítulo, he considerado el valor mayor ya que lo que se pretende es determinar la cantidad máxima de residuos producidos para el año proyectado.

La cantidad de habitantes en el Partido de General Pueyrredón esperados para el año 2010 se estima en 623.343 habitantes.

▪ **Proyección de la población del Partido de General Pueyrredón al año 2025 (año previsto para el cierre del relleno sanitario a construir)**

Datos:

Año de cierre del relleno sanitario: 2025. Por lo tanto el número de años transcurridos entre el último censo y la fecha deseada (*na*) es de 24 años.

Tasa de proyección utilizada (**II**): 0,0057

P₃: 564.056 habitantes

Aplicando la ecuación (4) resulta:

$$P_n = 564.056 (1 + 0,0057)^{24} = 646.495 \text{ habitantes.}$$

Como en el caso anterior, para finalizar el cálculo, considero un 5% de error en el cálculo.

$$P_n = 646.495 \text{ habitantes} \pm 32.324 \text{ habitantes}$$
$$614.171 \text{ habitantes} < P_n < 678.819 \text{ habitantes}$$

A los efectos de lograr los objetivos del presente capítulo, he considerado el valor mayor ya que lo que se pretende es determinar la cantidad máxima de residuos producidos para el año proyectado.

La cantidad de habitantes en el Partido de General Pueyrredón esperados para el año 2025 será de 678.819 habitantes.

En la Tabla 2 puede observarse los resultados de la proyección demográfica que he calculado desde el año 2010 hasta el año 2025.

Tabla 2. Proyección demográfica desde la actualidad, hasta el año 2025.

Año	Población estable proyectada (hab)
2010	623343
2011	626897
2012	630470
2013	634064
2014	637678
2015	641313
2016	644968
2017	648644
2018	652342
2019	656060
2020	659800
2021	663560
2022	667343
2023	671147
2024	674972
2025	678819

CÁLCULO ESTIMADO DEL ÁREA NECESARIA PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO EN EL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDÓN.

Para comprender los cálculos que detallaré mas adelante, es necesario observar un esquema que muestre un relleno sanitario construido, así como también saber cuales son los parámetros de diseño que he utilizado.

La imagen que se muestra a continuación muestra como es un relleno sanitario combinado (método de área y zanja) (Capítulo II).



Figura 25. Relleno sanitario.

FUENTE: Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE).

A los fines de este capítulo, lo que muestra la Figura 25 y lo que es necesario observar, es:

- La superficie inferior del relleno sanitario se encuentra bajo el nivel de la superficie terrestre. El nivel de excavación depende básicamente de la profundidad a la que se encuentra la napa freática.

- Los laterales son excavados con una pendiente de 3:1 (por cada tres unidades que se avanza horizontalmente, se desciende una unidad verticalmente)
- Los residuos deben ser cubiertos diariamente por una capa de tierra de 20 cm aproximadamente. Esto representa un aumento del 20 % del volumen total de los residuos a disponer.
- Según el CEPIS, el área adicional requerida para instalaciones complementarias tales como vías de penetración, instalaciones sanitarias, estación de recuperación de materiales, forestación, etc., deberá ser de un 20%.

DATOS A TENER EN CUENTA PARA REALIZACIÓN DEL CÁLCULO.

Los datos tenidos en cuenta para determinar la superficie que será necesaria para el relleno sanitario son:

- 1) Cantidad de años previstos de funcionamiento del relleno sanitario: **15 años.**
- 2) Cantidad promedio de residuos producidos por día en la temporada baja y la temporada alta. En la Tabla 3 y en la Tabla 4, se puede observar datos actuales de cantidad de residuos que llegan diariamente al predio de disposición final durante las temporadas mencionadas.

Tabla 3. Cantidad de residuos que llegan diariamente al predio de disposición final durante la temporada baja. (datos de la segunda quincena de mayo de 2010).

SERVICIO	Promedio de Mar. a Sáb. (en Tn)	Promedio de Lunes (en Tn)	Promedio Ponderado Diario (en Tn)
Recolección domiciliaria	522,8	765,0	563,2
Lev. Bolsa barrido manual	28,0	15,0	25,8
Recolección vespertina	5,0	5,7	5,1
escombros y poda	154,9	140,9	152,6
Barrido mecánico	28,2	10,5	25,3
contenedores municipales	34,1	28,1	33,1
Servicios de Higiene Urbana	773	965	805,0
Especiales (a particulares)	71	63	69,6
Higiene Urbana y Servicios Especiales	844	1029	874,6

FUENTE: datos suministrados por la Empresa Transportes 9 de Julio S.A. (Año 2010).

Tabla 4. Cantidad de residuos que llegan diariamente al predio de disposición final durante la temporada alta (datos de la segunda quincena de enero de 2010).

SERVICIO	Promedio de Mar. a Sáb. (en Tn)	Promedio de Lunes (en Tn)	Promedio Ponderado Diario (en Tn)
Recolección domiciliaria	575,0	951,6	637,8
Lev. Bolsa barrido manual	25,8	26,3	25,9
Recolección vespertina	18,7	21,8	19,2
escombros y poda	132,9	134,8	133,2
Barrido mecánico	12,2	14,2	12,5
contenedores municipales	36,9	40,3	37,5
Servicios de Higiene Urbana	802	1189	866,1
Especiales (a particulares)	88	99	89,8
Higiene Urbana y Servicios Especiales	890	1288	955,9

FUENTE: Empresa Transportes 9 de Julio S.A. (Año 2010).

3) Por tratarse de una ciudad turística, es necesario saber la cantidad de habitantes estables en temporada baja (entre el 15 de marzo al 15 de diciembre, con cantidad de turistas despreciable) y en temporada alta (período comprendido entre el 15 de diciembre y el 15 de marzo, de gran aporte turístico). Según datos brindados por el Ente Municipal de Turismo de la Municipalidad de General Pueyrredón (EMTUR), durante la temporada alta hay una cantidad promedio de **197.606 turistas** por día que se le suman a los **623.343 habitantes** estables (Tabla 2) que posee el Partido. Debido a que en los últimos años ésta cantidad se ha mantenido en un promedio estable (EMTUR, 2010), he supuesto que el número de turistas, es y será siempre el mismo hasta el período proyectado.

Tabla 5. Total de población estable por día en temporada baja y temporada alta.

Temporada	Promedio turistas estables x día (hab)	Población estable x día (hab)	Total habitantes x día (hab)
Alta	197.606	623.343	820.949
Baja (año 2010)	0	623.343	623.343

FUENTE: elaboración propia a partir de datos suministrados por el EMTUR (2010).

4) Densidad lograda luego de la compactación de los residuos en el predio de disposición final: **0,85 Tn/m³**.¹³

5) Altura desde el fondo de excavación del terreno hasta el nivel máximo de colocación de residuos sobre el nivel del terreno: **11 metros**.

CÁLCULOS

1) Cantidad de residuos producidos por habitante en un día

a) *Temporada alta:*

Cantidad de residuos generados por día: 955.900 Kg/día

Cantidad de personas estables por día: 820.949

Cantidad de residuos producidos por habitante en un día:

$$\frac{Kg}{hab. día} = \frac{955.900 Kg}{820.949 hab. día} = \mathbf{1,16}$$

b) *Temporada baja:*

Cantidad de residuos generados por día: 874.600 Kg/día

Cantidad de personas estables por día: 623.343

Cantidad de residuos producidos por habitante en un día:

$$\frac{Kg}{hab. día} = \frac{874.600 Kg}{623.343 hab. día} = \mathbf{1,40}$$

La Tabla 6 muestra los resultados calculados anteriormente.

¹³ Si bien hoy en día con la maquinaria que ofrece la Empresa Caterpillar (CAT) es posible lograr compactaciones de 1 Tn/m³, se requiere un gasto económico muy grande no solo para adquirirlos sino también para lograr el mantenimiento y abastecimiento de combustible a los mismos ya que se necesita mayores pasadas de los equipos compactadores sobre los residuos.

Tabla 6. Cantidad de residuos producidos por habitante en un día.

Temporada	Total habitantes x día	Residuos generados x día (Kg)	(Kg/hab.día)
Alta (año 2010)	820.949	955.900	1,16
Baja (año 2010)	623.343	874.600	1,40

A los efectos de considerar el escenario más desfavorable, he tomado el valor de **1,40** Kg/hab.día para cualquier época del año.

1) Cantidad TOTAL de residuos producidos.

a) *Residuos generados en temporada alta (R_{ta}):*

Cantidad de días de temporada alta: 90 días (3 meses)

Cantidad de habitantes estables por día en temporada alta: 820.949

Cantidad de residuos diarios por habitante (Kg/hab.día): 1,40

$$R_{ta} = 820.949 \text{ hab} \times 1,40 \frac{\text{Kg}}{\text{hab. día}} \times 90 \text{ días} = 103.439.574 \text{ Kg} = \mathbf{103.439,57 \text{ Tn}}$$

b) *Residuos generados en temporada baja (R_{tb}):*

Cantidad de días de temporada baja: 270 días (9 meses)

Cantidad de habitantes estables por día en temporada baja: 623.343

Cantidad de residuos diarios por habitante (Kg/hab.día): 1,40

$$R_{tb} = 623.343 \text{ hab} \times 1,40 \frac{\text{Kg}}{\text{hab. día}} \times 270 \text{ días} = 235.623.654 \text{ Kg} = \mathbf{235.623,65 \text{ Tn}}$$

La Tabla 7 muestra los resultados calculados anteriormente.

Tabla 7. Cantidad total de residuos generados en temporada alta y temporada baja

Temporada	Total residuos generados (Tn)
Alta	103.439,57
Baja (año 2010)	235.623,65

2) Volumen TOTAL que llega al relleno sanitario

a) *En temporada alta (V_{ta})*

Total residuos generados: 103.439,57 Tn

Densidad de los residuos compactados: 0,85 Tn/m³

$$V_{ta} = \frac{103.439,57 \text{ Tn}}{0,85 \text{ Tn/m}^3} = 121.693,61 \text{ m}^3$$

b) *En temporada baja (V_{tb})*

Total residuos generados: 235.623,65 Tn

Densidad de los residuos compactados: 0,85 Tn/m³

$$V_{tb} = \frac{235.623,65 \text{ Tn}}{0,85 \text{ Tn/m}^3} = 277.204,29 \text{ m}^3$$

Tabla 8. Volumen total de residuos en el relleno sanitario.

Temporada	Volumen total en relleno sanitario (m ³)
Alta	121.693,61
Baja (año 2010)	277.204,29

La Tabla que se muestra a continuación muestra un resumen de los datos calculados hasta ahora y la respectiva proyección hasta el año 2025.

Tabla 9. Resumen de datos calculados.

Año	Población proyectada	Turistas temp. Alta	Cant. Residuos Kg/hab.día	Cantidad de residuos m ³			
				Volumen diario		Volumen anual	Total acumulado
				Temp. Alta (90 días)	Temp. Baja (270 días)		
2010	623343	197.606	1,4	1.352,15	1.026,68	398.897,92	398.897,92
2011	626897	197.606	1,4	1.358,00	1.032,54	401.005,23	799.903,14
2012	630470	197.606	1,4	1.363,89	1.038,42	403.123,81	1.203.026,95
2013	634064	197.606	1,4	1.369,81	1.044,34	405.254,84	1.608.281,79
2014	637678	197.606	1,4	1.375,76	1.050,29	407.397,73	2.015.679,52
2015	641313	197.606	1,4	1.381,75	1.056,28	409.553,07	2.425.232,58
2016	644968	197.606	1,4	1.387,77	1.062,30	411.720,27	2.836.952,85
2017	648644	197.606	1,4	1.393,82	1.068,35	413.899,92	3.250.852,77
2018	652342	197.606	1,4	1.399,91	1.074,45	416.092,62	3.666.945,39
2019	656060	197.606	1,4	1.406,04	1.080,57	418.297,17	4.085.242,56
2020	659800	197.606	1,4	1.412,20	1.086,73	420.514,77	4.505.757,33
2021	663560	197.606	1,4	1.418,39	1.092,92	422.744,23	4.928.501,56
2022	667343	197.606	1,4	1.424,62	1.099,15	424.987,33	5.353.488,89
2023	671147	197.606	1,4	1.430,89	1.105,42	427.242,88	5.780.731,76
2024	674972	197.606	1,4	1.437,19	1.111,72	429.510,88	6.210.242,64
2025	678819	197.606	1,4	1.443,52	1.118,05	431.791,92	6.642.034,56

FUENTE: elaboración propia a partir de los cálculos realizados anteriormente

Si al total obtenido se le suma un 20% correspondiente a la cobertura diaria se obtiene:

$$\text{Volumen total: } 6.642.034,56 \text{ m}^3 \times 1,20 = 7.970.441,47 \text{ m}^3$$

4) Cálculo estimado del área del relleno sanitario

Como se puede observar en la Figura 25, la forma que determina la estructura inferior del relleno sanitario es una pirámide trapezoidal invertida. Sin embargo, la forma final que queda determinada por un relleno sanitario son dos pirámides trapezoidales enfrentadas como muestra la Figura 26. Para realizar una estimación del área aproximada que abarcará la instalación, se realiza el cociente entre el volumen total de residuos generados durante los años de proyección diseñados y la altura total que tendrá el relleno sanitario.

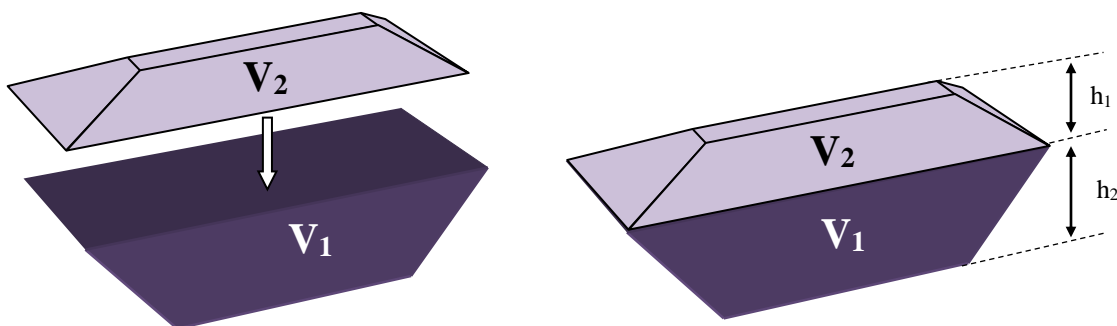


Figura 26. Volúmenes para el vertido de residuos.

FUENTE: Elaboración propia. Las dimensiones no están representadas a escala.

V₁: Volumen para colocar residuos por debajo de la superficie terrestre.

V₂: Volumen de para colocar residuos por encima de la superficie terrestre.

h₁: Altura del volumen de excavación (6 metros).

h₂: Altura de residuos por encima de la superficie terrestre (5 metros).

Con los datos anteriormente calculados y mencionados es posible estimar el área para el relleno sanitario de la siguiente manera:

$$A_{rs} = \frac{V_t}{h_1 + h_2}$$

Donde:

A_{rs} : Área del relleno sanitario.

V_t : Volumen total de residuos generados hasta el año 2025

h_1 : Altura del volumen de excavación.

h_2 : Altura de residuos por encima de la superficie terrestre.

Reemplazando en la formula anterior resulta:

$$A_{rs} = \frac{7.970.441,47 \text{ m}^3}{6 \text{ m} + 5 \text{ m}} = 724.585,59 \text{ m}^2$$

Sabiendo que una hectárea equivale a 10.000 m² se obtiene

$$A_{rs} = \frac{724.585,59 \text{ m}^2}{10.000 \text{ m}^2/\text{ha}} \cong 72,46 \text{ ha}$$

Este valor obtenido corresponde al área requerida para el relleno sanitario. Sin embargo, es necesario sumarle un 20 % de terreno adicional para las instalaciones complementarias nombradas anteriormente. Por esta razón, el área total estimada será:

$$A_{total} = 72,46 \text{ ha} \times 1,2 = 86,95 \text{ ha}$$

Por lo tanto se concluye que:

El área total estimada necesaria para el emplazamiento de un relleno sanitario en el Partido de General Pueyrredón, donde se dispondrán los residuos hasta el año 2025, es de aproximadamente 87 hectáreas.

Capítulo VII

Resultados

RESULTADOS

Luego de realizar el modelo booleano con los mapas generados en la Etapa 3 del Capítulo V (Metodología), he obtenido el mapa de resultado del modelo planteado. De acuerdo a lo analizado, desde el punto de vista socio-ambiental el mismo muestra en color rojo aquellas zonas en las que no es posible localizar un relleno sanitario en el Partido de General Pueyrredón, mientras que en color verde se pueden observar aquellas zonas en las que sí es posible su emplazamiento.

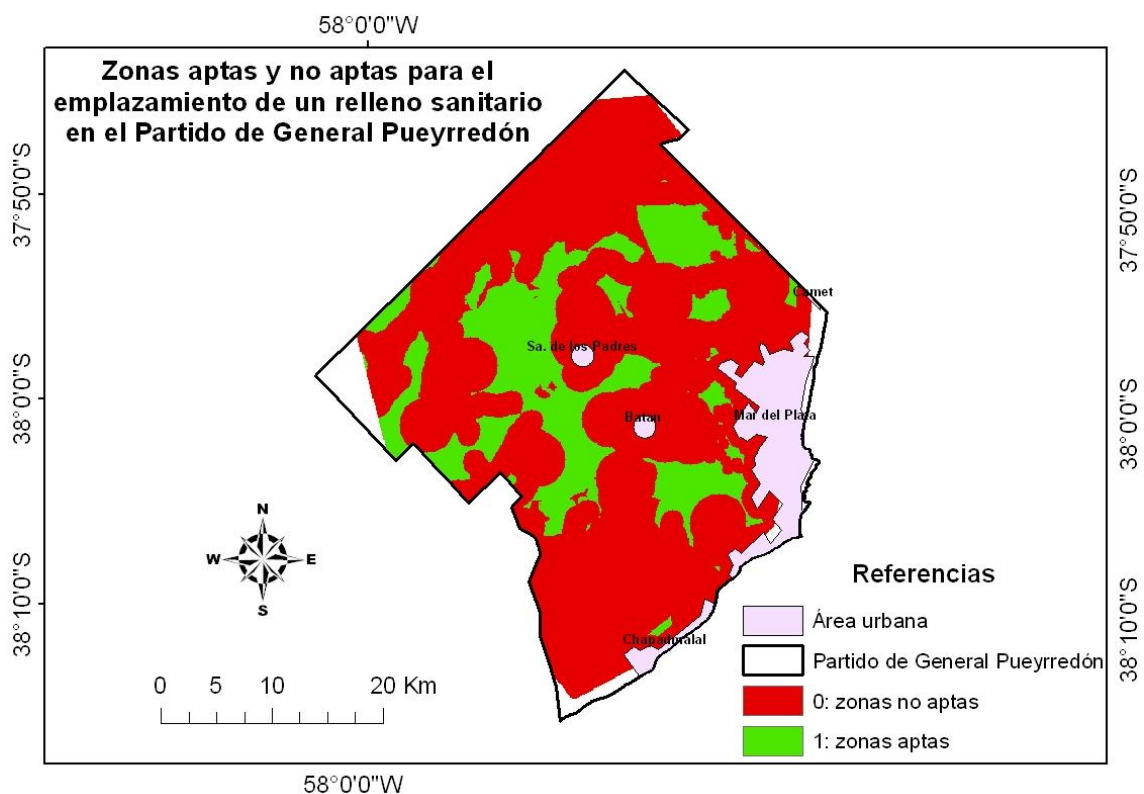


Figura 27. Resultado del modelo desarrollado.

Sobre las áreas aptas (color verde) he identificado tres sitios que consideré de mayor aptitud, basándome en primera instancia en criterios tales como accesibilidad, distancia al frente costero y distancia a la ciudad de Mar del Plata.

El mapa que se muestra a continuación (Figura 28), es una sincronización del resultado del modelo booleano que he generado en el software ArcGis 9.3 y Google Earth, donde se muestran las zonas elegidas en las cuales realicé un análisis de campo mas detallado.

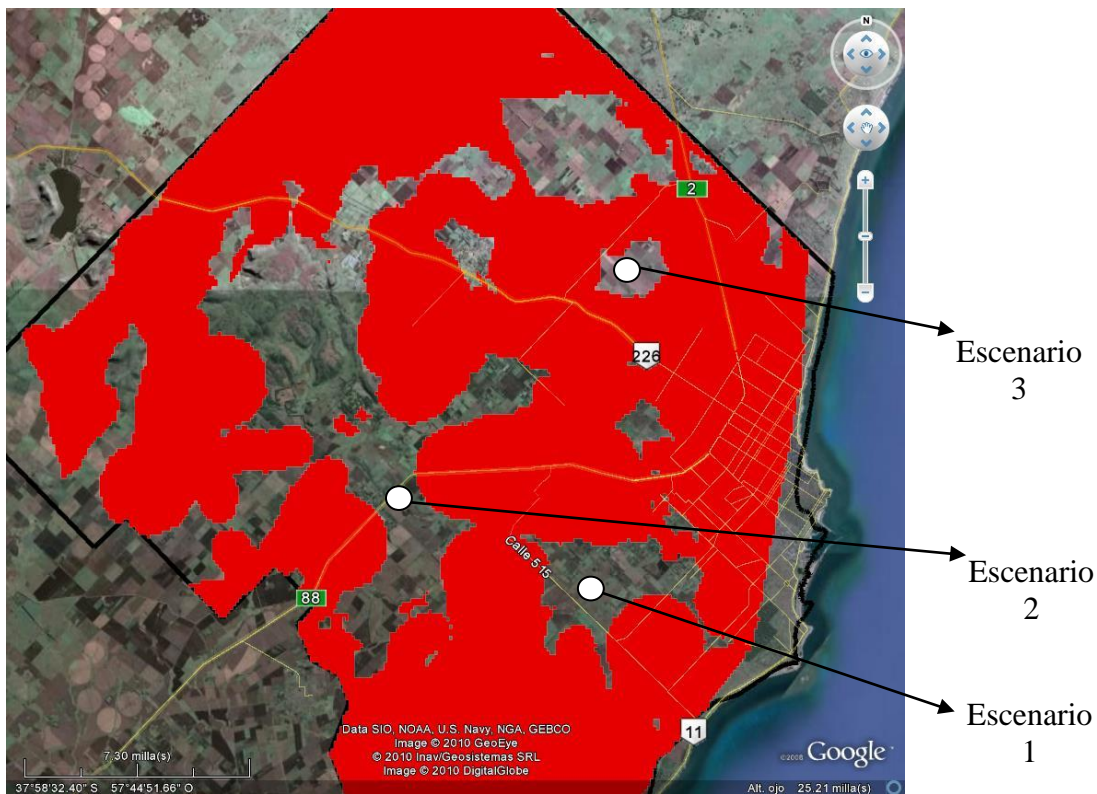


Figura 28. Resultado del modelo desarrollado sincronizado con Google Earth.

Cabe destacar que si bien el partido presenta otros sectores posibles además de los indicados en el mapa, estos fueron excluidos debido a que se encuentran demasiado lejos y en algunos casos no se posee buena accesibilidad. De todas formas, estos sitios podrían ser tenidos en cuenta para emplazar un relleno sanitario si se poseería como proyecto complementario la instalación de una planta de transferencia para reducir tiempos y costos.

Luego de asistir a cada zona señalada en el mapa anterior, he aplicado tanto criterios técnicos como económicos para realizar una selección que conduzca a tomar la decisión final respecto al sitio buscado. Para lo anterior, he considerado los siguientes aspectos para la evaluación de los distintos escenarios identificados:

- Ubicación (determinada con un GPS en campo)
- Accesibilidad.
- Distancia al ejido urbano.
- Actual uso de suelo.
- Distancia al frente costero.
- Distancia al área de recarga del acuífero
- Área del predio.

- Valor económico del predio.

Escenario 1

Ubicación

La ubicación geográfica de esta zona es $38^{\circ}04,49'$ de latitud Sur y $57^{\circ}40,17'$ de longitud Oeste y el terreno se encuentra a 96 metros sobre el nivel del mar.



Figura 29. Escenario 1.

Distancia al ejido urbano de Mar del Plata

La distancia a la que se encuentra esta zona del ejido urbano de Mar del Plata es de 16 kilómetros tomados desde la Plaza San Martín.

Accesibilidad

Desde el ejido urbano de la ciudad de Mar del Plata es posible acceder a este predio a través de la Av. Antártida Argentina (también conocida como camino viejo a Miramar,) la cual se encuentra totalmente pavimentada. Aproximadamente a 7,8 kilómetros de recorrido por esta Avenida, se encuentra hacia la mano derecha, la Calle 515 la cual es de tierra



Figura 30. Calle 515, acceso al Escenario 1

compactada y posee buen estado actualmente. Avanzando por este camino 2,5 kilómetros se accede a la zona que he llamado Escenario 1. En este sentido, este predio cuenta con la ventaja de estar a una distancia del centro de la ciudad económicamente favorable y que no deberían ser diseñados nuevos recorridos de los camiones recolectores ya que se utilizaría el mismo que se utiliza en la actualidad.

Distancia al frente costero.

El predio se encuentra a una distancia aproximada de 9 kilómetros del frente costero más cercano.

Actual uso de suelo



Figura 31a. Uso de suelo Escenario 1
Lado derecho de la Calle 515 (sentido SE-NE)



Figura 31b. Uso de suelo Escenario 1.
Lado izquierdo Calle 515 (sentido SE-NE)

En las Figuras 31a y 31b, puede observarse que los usos del suelo difieren considerablemente a un lado y otro de la Calle 515. El sector derecho se caracteriza por terrenos que presentan agricultura extensiva¹⁴, mientras que en el lado izquierdo predominan pastizales sin presencia de cultivos, ni de ganado así como tampoco de viviendas instaladas.

Distancia al área de recarga del acuífero

De acuerdo con las exigencias impuestas por el Artículo 13 de la ley provincial 13.592 mencionada en el Capítulo III, los predios seleccionados deben estar alejados de las zonas donde se produce la recarga del acuífero. En este sentido, este Escenario posee grandes aptitudes ya que se encuentra alejado de la principal área de recarga del acuífero del Partido, aspecto que se considera de gran importancia.

El alejamiento de un relleno sanitario de las áreas de recarga del acuífero, constituye un aspecto importante ya que de esta manera se evita la posible contaminación de aguas arriba y su posterior efecto de contaminación aguas abajo.

Área del predio

Según los cálculos realizados en el Capítulo VI, el predio deberá contar con una superficie aproximada de 87 hectáreas. La extensión del terreno que muestra la Figura 31a es de aproximadamente 192 hectáreas pudiendo soportar la demanda de espacio requerido, mientras que el ilustrado por la Figura 31b apenas alcanza las 60 hectáreas antes de entrar en la zona ambientalmente restringida. De lo anterior, se puede concluir claramente que este último área no puede ser tenido en cuenta.

Valor económico del predio

Según datos del sector inmobiliario, el precio de la hectárea en la zona es de 10 mil dólares (\$10.000), por lo que el precio del predio resulta:

$$87 \text{ ha} \times 10.000 \text{ \$/ha} = \mathbf{\$870.000}$$

¹⁴ La agricultura extensiva es un sistema de producción agrícola que no maximiza la productividad a corto plazo del suelo con la utilización de productos químicos, el riego o los drenajes, sino más bien, haciendo uso de los recursos naturales presentes en el lugar. Por lo general está localizada sobre grandes terrenos, en regiones con baja densidad de población.

Escenario 2

Ubicación

Esta zona se encuentra en el Km. 19 de la ruta 88. La ubicación geográfica de esta zona es $38^{\circ}00,62'$ de latitud Sur y $57^{\circ}46,54'$ de longitud Oeste y el terreno se encuentra a 132 metros sobre el nivel del mar.

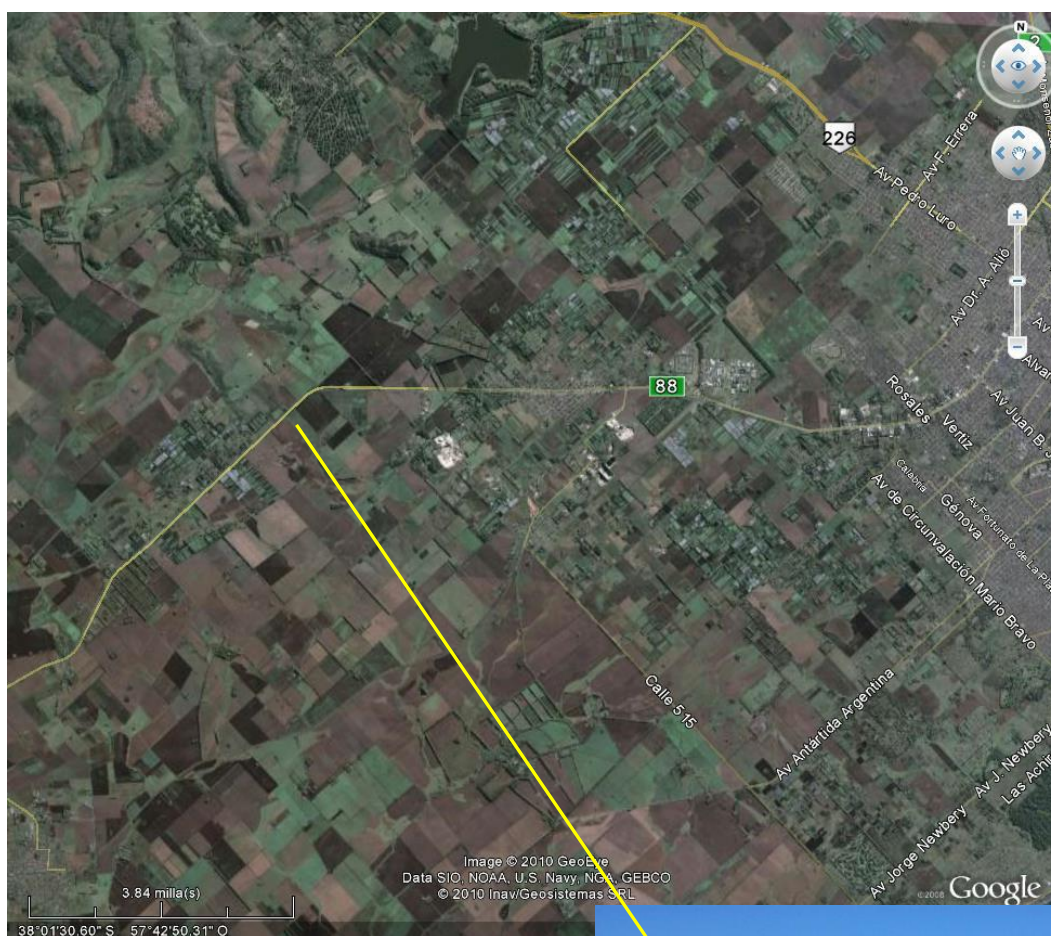


Figura 32. Escenario 2

Distancia al ejido urbano de Mar del Plata

La distancia a la que se encuentra esta zona del ejido urbano de Mar del Plata es de 22,2 kilómetros tomados desde la Plaza San Martín.

Según Tchobanoglous *et al*, 1998), al encontrarse esta zona a mas de 16.kilómetros del centro de la ciudad, si no se posee como proyecto complementario la realización de una planta de transferencia, debería ser excluida ya que los costos de transporte aumentarían considerablemente.

Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Mar del Plata se realiza por la ruta 88 recorriendo aproximadamente 19 kilómetros desde la intersección de las Av. Pedro Luro y Av. Champagnat (este sector se toma como el kilometro cero para las Rutas que posee el Partido). Esta ruta se caracteriza por ser muy transitada por camiones además de autos particulares; por otra parte posee zonas de lomadas por lo que tiene muchas curvas, subidas y bajadas que no serían adecuadas para el tránsito pesado.

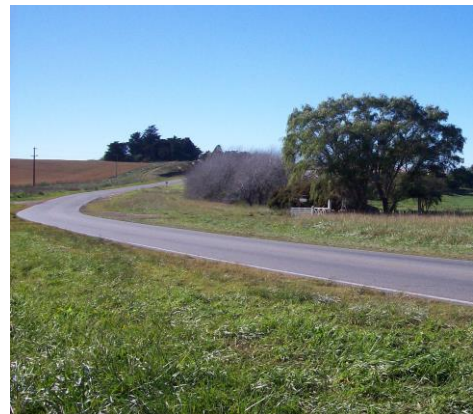


Figura 33. Ruta 88, acceso al Escenario 2

Actual uso de suelo

En esta zona se encuentra como uso dominante del terreno la agricultura intensiva, donde la explotación del suelo es exclusivamente agrícola. En la Figura 34 puede observarse grandes invernáculos al margen de la ruta 88, construcciones características de este tipo de agricultura.



Figura 34. Uso de suelo Escenario 2
Invernaderos al margen de la ruta 88.

Distancia al frente costero.

El predio se encuentra a una distancia aproximada de 19,6 kilómetros del frente costero más cercano.

Distancia al área de recarga del acuífero

De acuerdo con las exigencias impuestas por el Artículo 13 de la ley provincial 13.592 mencionada en el Capítulo III, los predios destinados para el emplazamiento de un relleno sanitario deben estar alejados de las zonas donde se produce la recarga del acuífero. En este sentido, este Escenario cumple con lo requerido por esta normativa ya que se encuentra fuera de la principal área de recarga del acuífero del Partido, una ventaja importante que presenta este Escenario al igual que el Escenario 1.

Área del predio

Según los cálculos realizados en el Capítulo VI, el predio deberá contar con una superficie de 87 hectáreas. La extensión del terreno de este Escenario es de aproximadamente 276 hectáreas pudiendo soportar la demanda de espacio requerido. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en esta superficie se encuentran los invernáculos que ilustra la Figura 34, lo que potencialmente podría desencadenar en conflictos sociales a la hora del emplazamiento de un relleno sanitario en esta zona.

Valor económico del predio

Según datos del sector inmobiliario, el precio de la hectárea en la zona es de 10 mil dólares (\$10.000), por lo que el precio del predio resulta:

$$87 \text{ ha} \times 10.000 \text{ \$/ha} = \mathbf{\$870.000}$$

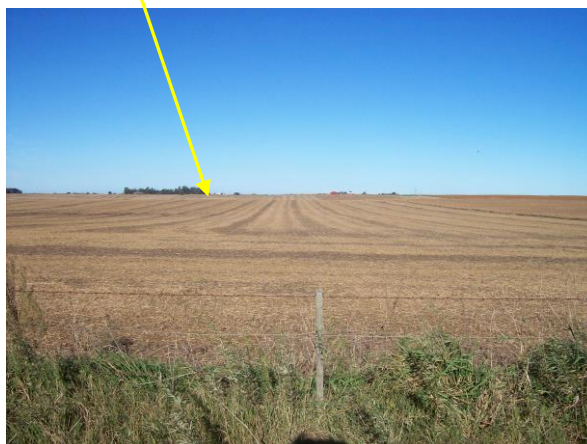
Escenario 3

Ubicación

Esta zona se encuentra en el Km. 11 de la ruta 226. La ubicación geográfica es 37°54' de latitud Sur y 57°38' de longitud Oeste y el terreno se encuentra a 50 metros sobre el nivel del mar.



Figura 35. Escenario 3



Distancia al ejido urbano de Mar del Plata

La distancia a la que se encuentra esta zona del ejido urbano de Mar del Plata es de 17,5 kilómetros tomados desde la Plaza San Martín.

Cabe destacar que ésta zona está ligeramente excedida de la distancia máxima (16 kilómetros) que Tchobanoglous *et al* (1998), mencionan que debería localizarse un relleno sanitario para reducir los costos en el transporte.

Accesibilidad

El acceso más directo a este lugar se realiza a través de la ruta 226 recorriendo 11 kilómetros desde la intersección de la Av. Pedro Luro y Av. Champagnat. Esta ruta es de doble y mano de tránsito fluido de mayormente de coches particulares sin mayor presencia de camiones de carga pesada.

Al llegar al Km. 11 de dicha ruta, se debe tomar un camino de tierra que se encuentra hacia la mano derecha de la Ruta sobre el cual debe recorrerse unos 3,2 kilómetros hasta llegar al Escenario 3. El camino es una unión que posee la ruta 226 con la Autovía 2; el mismo es de tierra compactada y de muy buen estado.



Figura 36. Acceso al Escenario 3

Actual uso de suelo

Por lo que pude observar en la salida de campo, en esta zona se encuentra como uso dominante del suelo la agricultura extensiva. La explotación del suelo es exclusivamente agrícola con grandes extensiones de tierra sembradas. No hay presencia de ganado.



Figura 37. Uso de suelo, Escenario 3.

Distancia al frente costero

El predio se encuentra a una distancia aproximada de 11,55 kilómetros del frente costero más cercano.

Distancia al área de recarga del acuífero

De acuerdo con las exigencias impuestas por el Artículo 13 de la ley provincial 13.592 mencionada en el Capítulo III, los predios destinados para el emplazamiento de un relleno sanitario deben estar alejados de las zonas donde se produce la recarga del acuífero. En este sentido, este Escenario no cumple con lo requerido por esta normativa, ya que se encuentra dentro de la principal zona de recarga del acuífero del Partido, por lo que se considera desfavorable con respecto a los Escenarios 1 y 2.

Área del predio

Según los cálculos realizados en el Capítulo VI, el predio deberá contar con una superficie de 87 hectáreas. La extensión del terreno de este Escenario es de aproximadamente 225 hectáreas pudiendo soportar la demanda de espacio requerido.

Valor económico del predio

Según datos del sector inmobiliario, el precio de la hectárea en la zona es de 10 mil dólares (\$10.000), por lo que el precio del predio resulta:

$$87 \text{ ha} \times 10.000 \text{ \$/ha} = \mathbf{\$870.000}$$

De lo expuesto anteriormente, he podido concluir que:

El Escenario 1 reúne las mejores condiciones para realizar el emplazamiento de un relleno sanitario en el Partido de General Pueyrredón. Tal afirmación se desprende de considerar todos los factores analizados anteriormente, siendo necesario destacar las siguientes características:

- ✓ Es el que se encuentra a menor distancia del área urbana.
- ✓ No es necesario cambiar el recorrido actual de los camiones de recolección.
- ✓ Posee buena accesibilidad.
- ✓ La proximidad al actual predio de disposición final, evitaría nuevos conflictos sociales en otras zonas.
- ✓ El uso de suelo actual es la agricultura extensiva por lo que para el objetivo del presente trabajo, resulta más favorable que otras formas de producción (exigencia impuesta por el C.O.T del Partido para este tipo de actividades).
- ✓ Se encuentra alejado de la principal área de recarga del acuífero, aspecto que se considera de gran relevancia cumplir.
- ✓ Dispone de gran superficie, capaz de cubrir las necesidades del relleno sanitario proyectado.
- ✓ La distancia al frente costero supera los 5 kilómetros.
- ✓ La proximidad al actual predio de disposición final provoca que el valor de las tierras estén devaluadas con respecto a otras zonas, por lo que el terreno sería mas económico que en el caso de los demás Escenarios.

Capítulo VIII

Conclusiones

CONCLUSIONES

- El modelo booleano desarrollado a partir de la aplicación de la técnica de Evaluación Multicriterio integrado a un Sistema de Información Geográfica, ha permitido identificar satisfactoriamente aquellas zonas potenciales que presenta el Partido de General Pueyrredón para el emplazamiento de un relleno sanitario según la normativa ambiental vigente.
- Es importante destacar que el método planteado permite ser extrapolado a otros municipios, pudiendo involucrar nuevas variables que permitirían enriquecer cada vez más los resultados obtenidos.
- Mediante la aplicación de diferentes técnicas y procedimientos y siempre desde una perspectiva socio-ambiental, los Sistemas de Información Geográfica demuestran ser una potente herramienta capaz de apoyar eficazmente la toma de decisiones a la hora de emplazar un relleno sanitario.
- La herramienta de la Evaluación Multicriterio es muy importante para el desarrollo de modelos de decisión sobre un territorio, ya que ayuda a sistematizar procesos complejos y permite que, quien deba tomar las decisiones, pueda realizar la elección pertinente sin mucha dificultad.
- Habiendo analizado los resultados obtenidos por el modelo, se ha podido seleccionar aquellos escenarios que presentaban mejores características en relación al análisis de nuevas variables tales como: distancia del ejido urbano, uso actual del suelo, accesibilidad, distancia al frente costero, área disponible y valor económico del predio.
- Las salidas de campo realizadas, confirmaron que los sectores determinados a priori a partir de los resultados obtenidos por el modelo que desarrollado, son escenarios que cumplen con las restricciones impuestas por la normativa ambiental vigente sobre las variables socio-ambientales analizadas.
- A partir de los escenarios aptos identificados en este trabajo, se recomienda realizar un estudio posterior más detallado de cada uno de ellos, para determinar con mayor exactitud las zonas más factibles y aceptables dentro de cada escenario. Las restantes zonas factibles, a las que no se ha accedido por considerar que se encuentran a gran distancia y que además presentan complejidad para su acceso

(por lo tanto las convierten en zonas mas desfavorables con respecto a otras), también requerirán un estudio de aceptabilidad apropiado.

Por otra parte, el desarrollo del presente trabajo ha permitido alcanzar los objetivos fijados al inicio del mismo en su totalidad ya que:

- La aplicación de la técnica de Evaluación Multicriterio ha sido utilizada satisfactoriamente para encontrar las zonas potencialmente aptas que presenta el Partido de General Pueyrredón para el emplazamiento de un relleno sanitario.
- La metodología desarrollada, y las variables socio-ambientales utilizadas, siempre han sido encuadradas dentro de las restricciones impuestas por la normativa ambiental de carácter nacional, provincial y municipal.
- En los casos en que las normativas ambientales no eran lo suficientemente claras o presentaron deficiencias a la hora de determinar las variables a tener en cuenta, las consultas a organismos relacionados con la actividad (Centro de Geología de Costas y Cuaternario de la UNMdP, EMVISUR y GA, entre otras) han permitido resolver con claridad las dudas generadas.
- La realización de la proyección demográfica fue importante ya que ha permitido calcular la cantidad de residuos sólidos a disponer a largo plazo. Los resultados obtenidos, muestran un aumento considerable de los mismos, llegando a generarse 6.642.034 m³, lo que equivale aproximadamente a 2.657 piscinas olímpicas completas de residuos hacia finales del 2025.

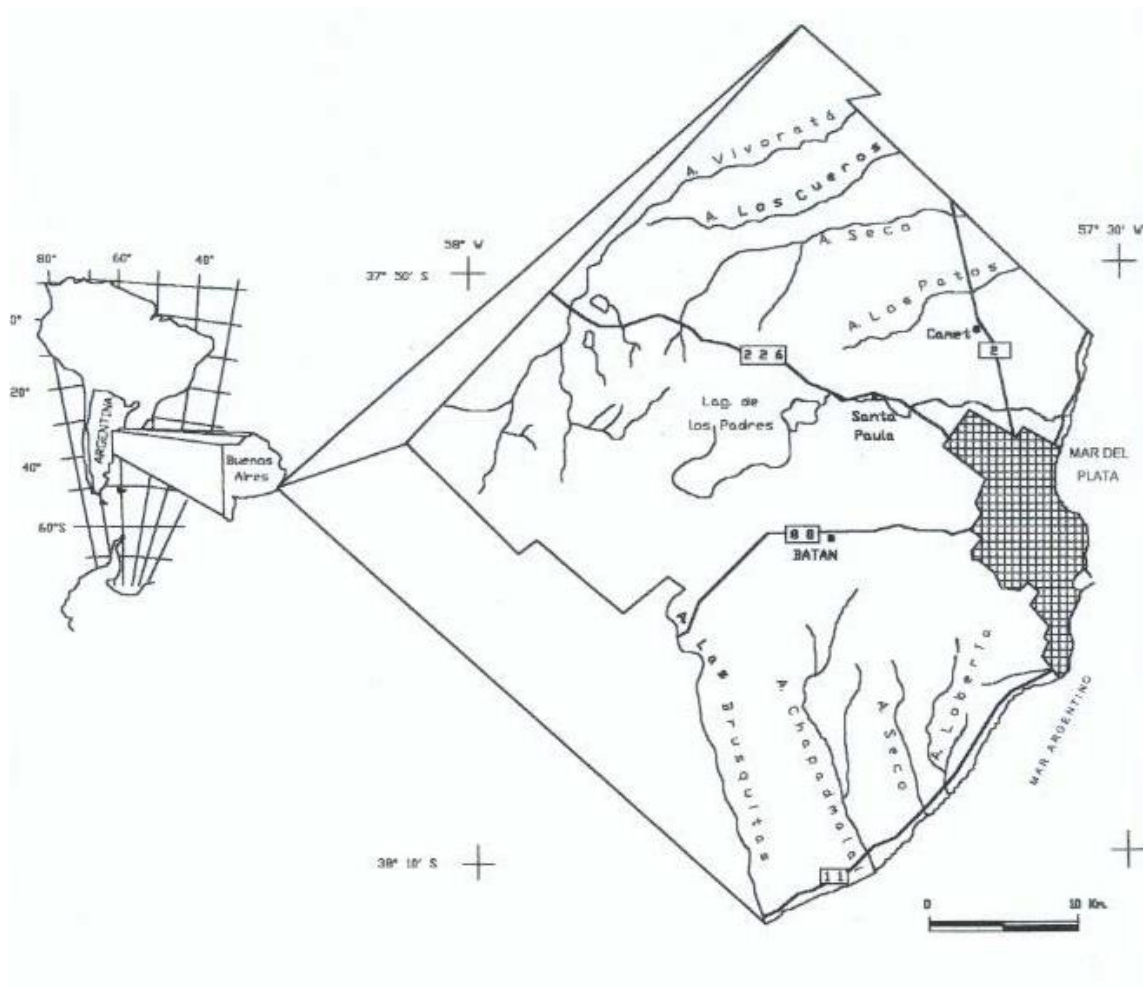
Por último, quiero destacar la importancia que representa la utilización de los Sistemas de Información Geográfica en la planificación territorial, y el modelo booleano (como herramienta de la evaluación multicriterio), en la toma de decisiones. En el presente Trabajo, he podido integrar ambas técnicas, logrando así, el desarrollo de una metodología novedosa para el emplazamiento de un relleno sanitario en el Partido de General Pueyrredón.

Desde lo personal, considero que este Trabajo posee una visión integral (necesaria en un Ingeniero Ambiental) de todos aquellos aspectos que influyen en la problemática ambiental que se genera a la hora de emplazar un relleno sanitario. Por ultimo, estimo como conveniente y recomendable, la utilización de los Sistemas de Información Geográfica como herramienta de gestión y planificación en los problemas ambientales.

Anexos

ANEXO 1

Ubicación del Partido de General Pueyrredón, Provincia de Buenos Aires, Argentina



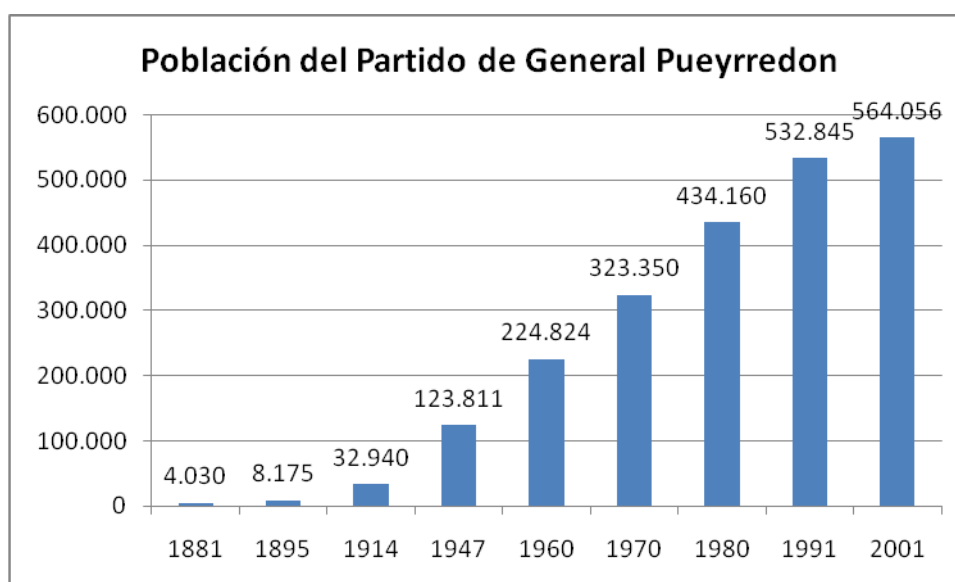
FUENTE: Centro de Geología de Costas y Cuaternario-UNMdP

ANEXO 2

Población del Partido de General Pueyrredón

Año del Censo	Población total	Variación absoluta
1881	4.030	-
1895	8.175	4.145
1914	32.940	24.765
1947	123.811	90.871
1960	224.824	101.013
1970	323.350	98.526
1980	434.160	110.810
1991	532.845	98.685
2001	564.056	31.211

FUENTE: Censos Poblacionales del INDEC



FUENTE: Elaboración propia. Los datos corresponden a la tabla anterior.

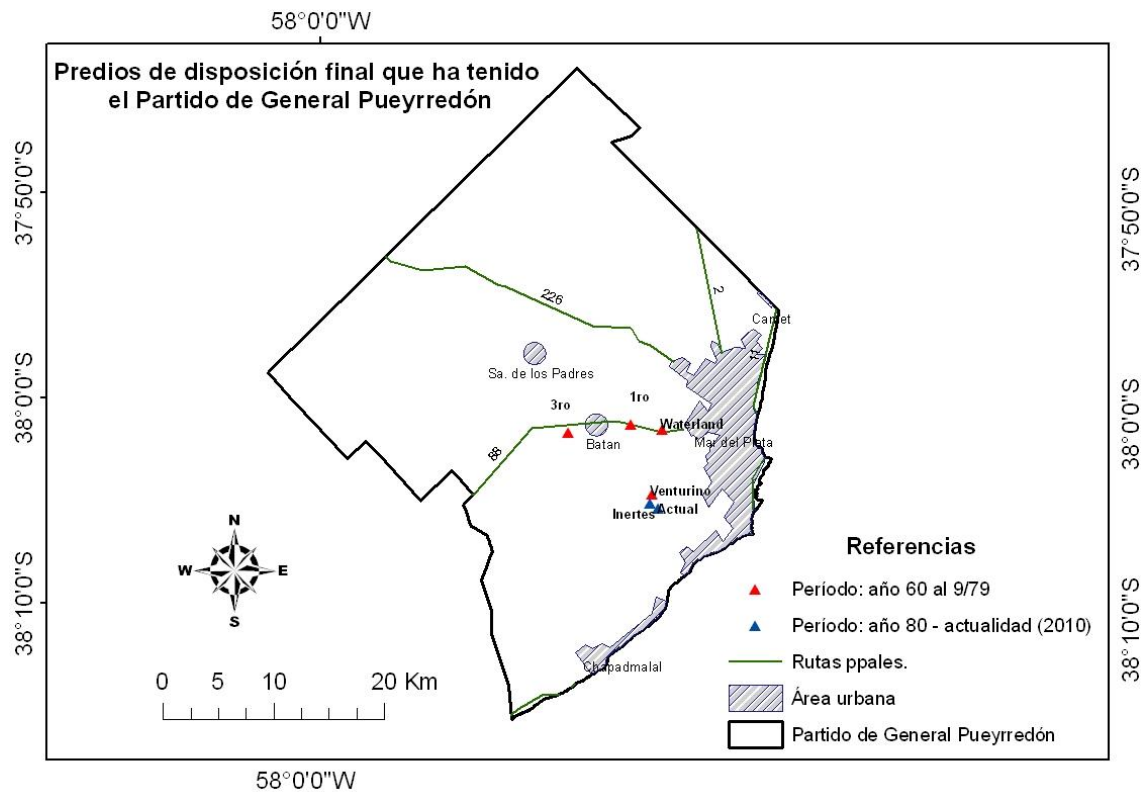
Crecimiento poblacional intercensal relativo

Intervalo intercensal	Crecimiento relativo (en %)
1881-1895	102,9
1895-1914	302,9
1914-1947	275,9
1947-1960	81,6
1960-1970	43,8
1970-1980	34,3
1980-1991	22,7
1991-2001	5,3

FUENTE: Elaboración propia en base a censos Poblacionales – INDEC

ANEXO 3

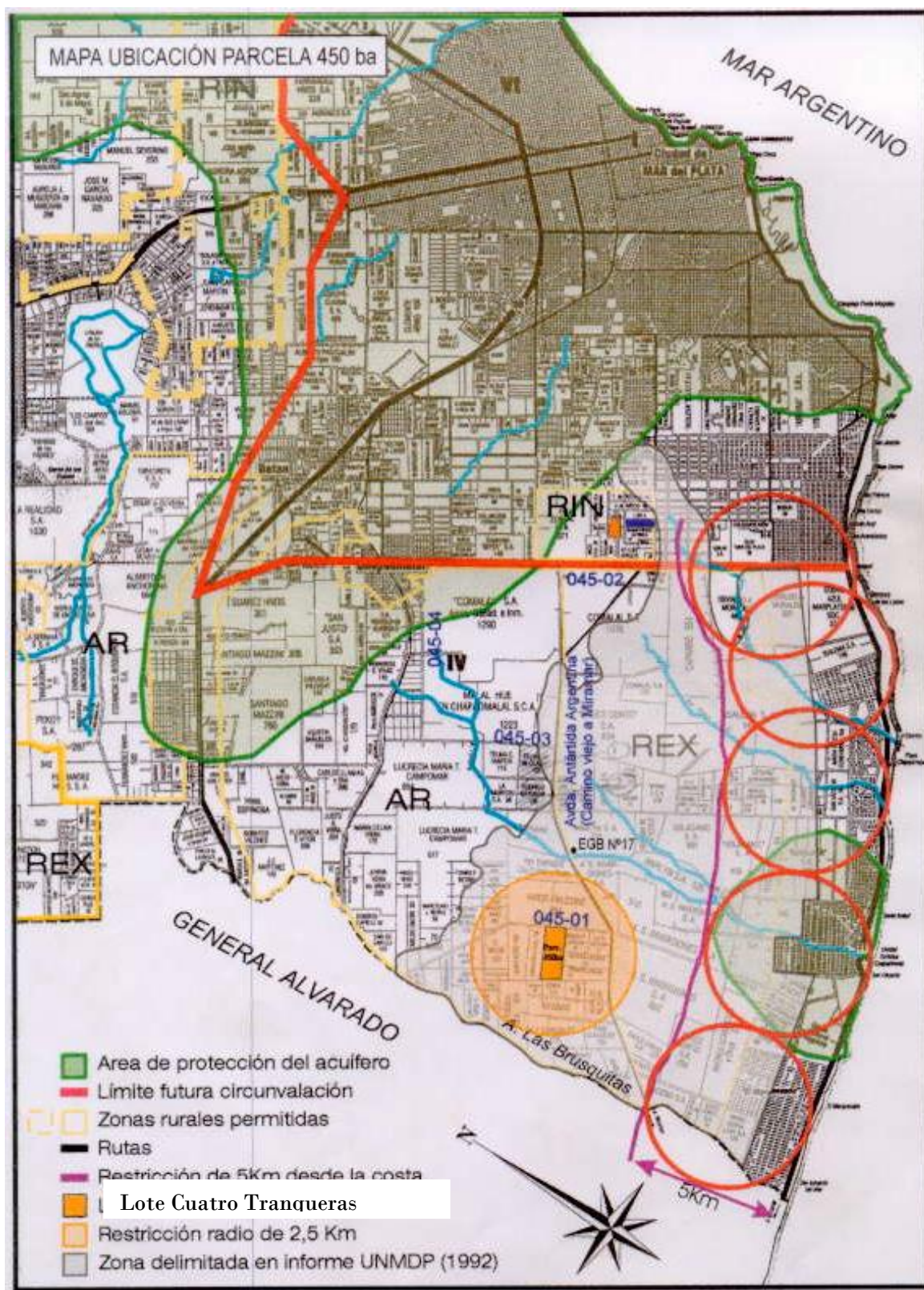
Ubicación de los predios de disposición final que ha tenido el Partido de General Pueyrredón en los últimos 50 años.



FUENTE: elaboración propia a partir de las coordenadas geográficas de las parcelas donde se ubican los predios de disposición final.

El plano de parcelas utilizado lo obtuve de la secretaría de Uso del Suelo de la Municipalidad del Partido de General Pueyrredón.

ANEXO 4



Localización de “Cuatro Tranqueras”. (Linares *et al*, 2003)

ANEXO 5

Resolución 1143/02 de la Provincia de Buenos Aires: Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios.

A continuación se presentan los datos más relevantes de dicha norma de acuerdo a los objetivos del presente trabajo.

CARGA DIARIA A DISPONER MAYOR A 50 TONELADAS

CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN

Aspectos Generales

- Se deberá realizar el Estudio de Impacto Ambiental que se indica en el Anexo IV del Decreto N° 1741/96 (Ley 11.459 de la Provincia de Buenos Aires).
- El relleno sanitario deberá establecerse en áreas cuya zonificación catastral sea Rural. Deberá existir una distancia mínima al límite de la traza urbana de **1.000 m**. En caso de resultar imposible el cumplimiento de esta restricción, se deberán proponer las mitigaciones correspondientes a efectos de demostrar que no existe afectación alguna a estos centros de población.
- El relleno sanitario deberá emplazarse preferentemente en un área, cuya base de asiento esté compuesta por una barrera natural formada por una capa mineral con una permeabilidad vertical (K_f) igual o menor a 1×10^{-7} centímetro por segundo (cm/seg), con un espesor mayor o igual a 0,60 metros.
- Cuando la barrera natural no cumpla con las condiciones indicadas, podrá lograrse o completarse en forma de barrera artificial (geológica mineral), con aquellos elementos que proporcionen una protección equivalente.
- La base del relleno en ningún caso podrá invadir el nivel del acuífero libre, debiendo estar ubicado como mínimo a **0,50 m** sobre el nivel del mismo. Para el caso que la capa freática supere el valor mencionado se deberán presentar propuestas de mitigación que permitan cumplir con lo establecido.
- Se deberá garantizar que no se producirá ninguna alteración a la calidad del agua superficial, subterránea y al suelo adyacente como consecuencia de la disposición final de los

residuos, tomando como referencia el estado de calidad previo al inicio de la obra de rellenamiento.

- No se podrá establecer un relleno sanitario dentro de una reserva o parque natural comprendidos en la Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 10.907.
- Se deberán respetar los derechos de trazas de autopistas, rutas o caminos, trazas de ferrocarril, de obras públicas tales como oleoductos, gasoductos, polidúctos, tendido de redes de transmisión de energía eléctrica, acueductos y redes cloacales.
- La distancia mínima a ubicar un relleno sanitario de aeropuertos y/o aeródromos deberá ser: **3.000 metros** en el caso que operen aviones de motor a turbina y **1.500 metros** si operan aviones de motor a pistón o turbohélice.

En aquellos casos en los cuales el relleno sanitario se encuentre ubicado dentro de un radio de 8 kilómetros de un aeropuerto donde operen aviones a turbina o pistón, el propietario u operador deberá comunicar a la Fuerza Aérea Argentina.

Aspectos Hidrogeológicos.

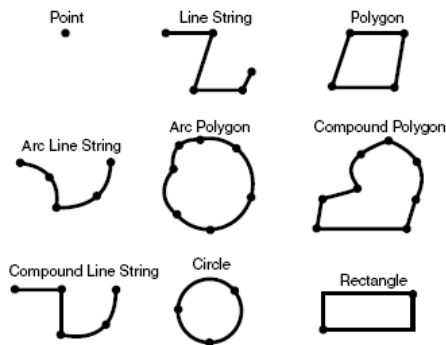
- La distancia mínima del perímetro del relleno a pozos para extracción de agua potable, uso doméstico, industrial, riego y ganadero, debe ser de **500 m**.

Excavación

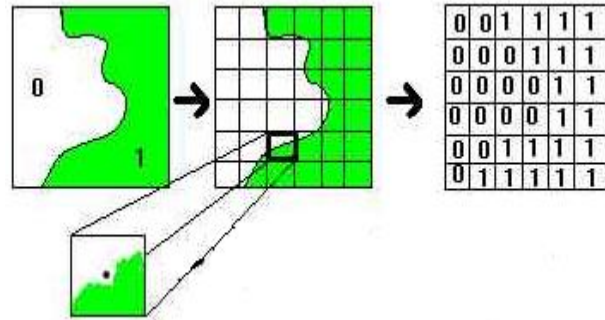
- La cota de fondo de la excavación será como mínimo **0,5 m** superior a la cota del acuífero libre.

ANEXO 6

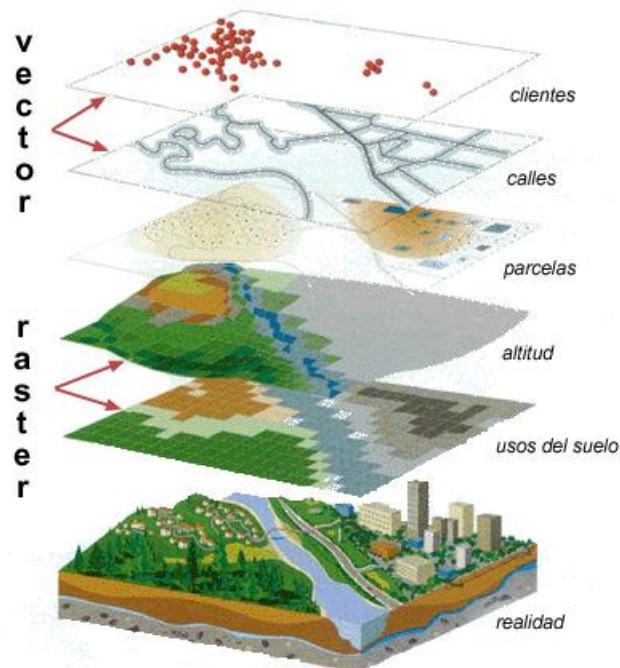
Algunos tipos de geometrías utilizadas en el modelo vectorial



Geometrías utilizadas en el modelo raster.



Modelo raster vs modelo vectorial.



FUENTE: Enviromental Systems Research Institute (ESRI).

ANEXO 7

Base de datos de escuelas rurales del Partido de General Pueyrredón

Nombre	Tipo Educación	Estatal/ Privada	x	y	Dirección	Localidad
Jardín de infantes N° 932	Inicial	Estatal	5713631	5779500	calle 28 y 419 s/n	Mar del Plata
Jardín de infantes N° 930	Inicial	Estatal	5708185	5780756	Antártida Arg. Km 12 s/n	Mar del Plata
Jardín de infantes N° 921	Inicial	Estatal	5699807	5769445	29 y 10 Bis s/n	Mar del Plata
Jardín de infantes N° 910	Inicial	Estatal	5699597	5784736	22 y 7 s/n	Estación Chapadmalal
Jardín de infantes N° 923	Inicial	Estatal	5703158	5790182	consorcio N° 623	Batan
Jardín de infantes N° 926	Inicial	Estatal	5700435	5790601	Paraje los Ortiz s/n	Batan
Jardín de infantes N° 920	Inicial	Estatal	5717402	5801702	22 e/19 y 17 s/n	Mar del Plata
Jardín de infantes N° 924	Inicial	Estatal	5703158	5802121	Ruta 226, Km 16 s/n	Mar del Plata
Jardín de infantes N° 912 "Jose Hernandez"	Inicial	Estatal	5696246	5800655	Los Ortiz (Ruta 226, Km 12.5)	Mar del Plata
Jardín de infantes N° 918	Inicial	Estatal	5682631	5802331	Ruta 226, Km 202 s/n	Mar del Plata
S.E.I.M.M N°1	Inicial	Estatal	5681681	5791097	Ruta 88, Km 25 y 17Km por Camino Vecinal	Batan
EGB N° 52 "Alte. Guillermo Brown"	Primaria	Estatal	5696624	5767568	845 e/4 y 6 s/n	Mar del Plata
Egb N° 17 "Santa Isabel"	Primaria	Estatal	5693613	5773032	Camino viejo a Miramar Km 23 Cuartel IV s/n	Mar del Plata
EGB N° 40 "Sesquicentenario Bco. Pcia. De Bs.As	Primaria	Estatal	5706102	5776154	19 e/ 20 y 22 s/n	Mar del Plata
EGB N° 44"Esteban Echeverria"	Primaria	Estatal	5707886	5782176	Antartida Argentina Km 12.5 s/n	Mar del Plata
EGB N° 60 "José Garvasio Artigas"	Primaria	Estatal	5699746	5785744	9 e/ 6 y 7 s/n	Mar del Plata
EGB N° 51 "San Francisco"	Primaria	Estatal	5703091	5791475	Consorcio 692 s/n	Batan
EGB N°7 "Juan B. Selva"	Primaria	Estatal	5701642	5790762	Ruta 88, Km 12.5. Colectora y 41 s/n	Batan
EGB N° 9 "Enrique de Anchorena"	Primaria	Estatal	5699969	5791989	Camino los Ortiz s/n	Batan
EGB N° 23 "Republica Oriental del Uruguay"	Primaria	Estatal	5691717	5787974	30 e/ 5 y 7 s/n	Mar del Plata
Escuela N° 30	Primaria	Estatal	5681681	5791097	Ruta 88, Km 25 y 17Km por Camino Vecinal	Mar del Plata
EGB N° 49 "Vicente Lopez y Planes"	Primaria	Estatal	5695843	5798456	Argentina y Adolfo s/n	Mar del Plata

EGB N° 48 "Martin Fierro"	Primaria	Estatal	5695843	5801133	Ruta 226 Km 12.5 s/n	Mar del Plata
EGB N° 8 "Francisco Laprida"	Primaria	Estatal	5703091	5803251	Ruta 226, Km 16 s/n	Mar del Plata
Egb N° 3 "José Manuel Estrada"	Primaria	Estatal	5712012	5803809	Ruta 2 Km 393 s/n	Mar del Plata
EGB N° 46 "Guillermo Hudson"	Primaria	Estatal	5682685	5802359	Ruta 226 Km 20.5 s/n	Mar del Plata
EGB N° 11 "Dardo Rocha"	Primaria	Estatal	5686811	5810946	Ruta 226 Km 25.5 s/n	Mar del Plata
ESB N° 42	E.S.B	Estatal	5708055	5782388	Antártida Argentina Km 12.5 s/n	Mar del Plata
ESB N° 58	E.S.B	Estatal	5706055	5776277	19 e/ 20 y 22 s/n	Mar del Plata
ESB N° 12	E.S.B	Estatal	5699388	5786277	9 e/ 6 y 7 s/n	Mar del Plata
ESB N° 43	E.S.B	Estatal	5702715	5791580	Consorcio 692	Batan
ESB N° 32	E.S.B	Estatal	5700778	5790726	Diag. 41 Esq. 50 s/n	Batan
ESB N° 57	E.S.B	Estatal	5691318	5788218	Ruta 88 s/n	Batan
ESB N° 25	E.S.B	Estatal	5695592	5798590	Boreleam y Varetto s/n	Mar del Plata
Anexo N°1 de ESB N° 25	E.S.B	Estatal	5695820	5801610	Ruta 226 Km 12.5 s/n	Mar del Plata
ESB N°65	E.S.B	Estatal	5682600	5802863	Ruta 226 Km 20.5 s/n	Mar del Plata
ESB N° 20	E.S.B	Estatal	5711605	5804174	Ruta 2 Km 393, Estación Camet s/n	Mar del Plata
Escuela Polimodal N° 13	Polimodal	Estatal	5695889	5798205	Caminos J.M Bordeau y Padre L. Varetto	Sierra de los Padres
Escuela polimodal N° 9	Polimodal	Estatal	5700778	5790726	Diag. 41 Esq. 50 s/n	Batan
Escuela polimodal N° 20	Polimodal	Estatal	5711337	5803249	Perito Moreno y las Tuyas	Camet
Escuela de Educación media N°14	Polimodal	Estatal	5705005	5791475	Unidad Penal XV, Ruta 88 Km 12.5	Batan
Centro de Adultos N° 708	Adultos	Estatal	5698185	5791580	35 Bis y Ruta 88 Km 15.5 s/n	Batan
Escuela para adultos N° 742	Adultos	Estatal	5701262	5790897	134 e/ 145 y 147 s/n	Batan
Alas Argentinas	Adultos	Estatal	5717332	5802294	18 e/ 13 y 15	Mar del Plata
Jardín Municipal N° 16, Sociedad de Fomento dos Marías	Inicial	Privada	5705483	5789922	Ruta 88 Km 5.5 "Las dos Marías" s/n	Mar del Plata
Jardín Municipal N° 21	Inicial	Privada	5703004	5791923	126 y 109 Barrio El Colmenar s/n	Mar del Plata
Jardín Municipal N° 4 "Rita Latallada de Victor"	Inicial	Privada	5685623	5796463	145 e/ 132 y 134 s/n	Batan
Colegio Caraludme	Inicial	Privada	5700735	5790669	ruta 88 esquina 37 s/n	Batan
Jardín Municipal N° 7 "Sierra de los Padres"	Inicial	Privada	5695239	5798613	Argentina y Adolfo s/n	Sierra de los Padres
Jardín Municipal N° 6 Carlos E. Camet	Inicial	Privada	5711187	5803272	Viedma y Usuhaia s/n	Mar del Plata
Jardín Municipal N° 29	Inicial	Privada	5717160	5802316	18 e/ 15 y 13 (Camet)	Mar del Plata

Jardín Municipal N° 27	Inicial	Privada	5717579	5802794	30 e/ 7 y 5 s/n (Barrio el Boquerón)	Mar del Plata
Jardín Municipal N° 19	Inicial	Privada	5708858	5812829	Ruta 2 Km 838 (Estación Cobo)	Mar del Plata
Escuela Nuestra Señora de Lujan	Primaria	Privada	5701026	5791020	Ruta 88 Km 13 s/n	Batan
Colegio Caraludme	Primaria	Privada	5700772	5791050	Ruta 88 esquina 37 s/n	Batan
Escuela Municipal N° 5 "Intendente L.Arrue"	Primaria	Privada	5717317	5801723	10 N° 1972	Mar del plata
Escuela Municipal N° 17 "Emma Gemoli de Oliva"	Primaria	Privada	5717198	5802667	18 e/ 13 y 15 s/n	Mar del plata
Colegio Caraludme	Polimodal	Privada	5700772	5791050	Ruta 88 esquina 37 s/n	Batán
Gabriela Mistral N° 6006	Superior	Privada	5701899	5790520	44 e/ 33 y 35	Batán

FUENTE: elaboración propia a partir de datos brindados por Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía citada

ALCALDE, Emilio Ponce (2008): “Una herramienta SIG para el análisis socioeconómico de la Región Metropolitana de Barcelona”. Trabajo Final de Ingeniería en Informática, Universitat Pompeu Fabra. Barcelona, España. 98 pp.

ARRIGO M. G., 2006: “Pautas para el diseño de una Instalación de Recuperación de Materiales (IRM) en el Partido de General Pueyrredón”. Proyecto Final de Ingeniería Ambiental, Universidad FASTA. Mar del Plata, Argentina.

BARBOSA José, S. (2001): “Pasado, presente y futuro de los sistemas de información geográfica”. Recinto de Ciencias Médicas. Universidad de Puerto Rico.

BARROSO Alfonso Runío, PUEBIA Javier Gutiérrez (1997): “*Los sistemas de información geográficos: origen y perspectivas*”. Universidad Complutense de Madrid, España. 14 pp.

BOSQUE SANDRA, J.; ESCOBAR MARTÍNEZ, F.J.; GARCÍA HERNÁNDEZ, E. y SALADO GARCÍA, M^a.J. (1994): *Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI*. Editorial RA-MA. Madrid. 478 pp.

BOSQUE SENDRA Joaquín (1992): *Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Rialp S.A. Madrid.

BUZAI, Gustavo (2000): “Historia Académica de los Sistemas de Información Geográfica en Argentina” en *La Exploración Geodigital*. Buenos Aires. pp. 51-63.

CAMINO, M.A y MARTINEZ, G.A (1995): “Mapa de drenaje”. *Carta Ambiental del Partido de General Pueyrredón*. C.G.C.y C. Fac. Cs Ex. y Nat. U.N.M.d.P. Mar del Plata.

CIFUENTES, Olga (2007): “*Estudios para un proyecto de abastecimiento de agua*”. Ingeniería Sanitaria, Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional.

COINCHI, J.L. (1995): “Mapa de Isoprofundidad e Isosalinidad del Agua Subterránea”. *Carta Ambiental del Partido de General Pueyrredón*. Obras Sanitarias Mar del Plata S.E y C.G.C.y C. Fac. Cs Ex. y Nat. U.N.M.d.P. Mar del Plata.

COINCHI, J.L. (1995): “Mapa de Pendientes y Clases de Pendientes”. *Carta Ambiental del Partido de General Pueyrredón*. Obras Sanitarias Mar del Plata S.E y C.G.C.y C. Fac. Cs Ex. y Nat. U.N.M.d.P. Mar del Plata.

CONSONI Ângelo José (2000): “Selección de sitios y gestión de residuos sólidos municipales”. II Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental, São Paulo. p.197.

DE LUCA, Marcela (1999): “Tecnología de la Disposición Final mediante el método de Relleno Sanitario: Estudios Previos y Selección de Emplazamiento”. Asociación para el Estudio de los Residuos Sólidos. Buenos Aires. 28 pp.

DE LUCA, Marcela (1999): “Tecnología de la disposición final mediante el método de relleno sanitario. Estudios previos y selección de emplazamiento”. Asociación para el estudio de los Residuos Sólidos. Buenos Aires, Argentina

DE LUCA, Marcela (1999): “Tecnología de la disposición final mediante el método de Relleno Sanitario; estudios previos y selección de emplazamiento”. Curso de Especialización en gestión de rellenos sanitarios. Buenos Aires, Argentina.

DEL RIO, MASSONE, FAJARDO, MARTINEZ, BOCANEGRA Y CIONCHI (1992): “Localización preferencial y pautas geológico ambientales del futuro Relleno Sanitario”. Informe Final UNIVIDP-OSSE. Centro de Geología de Costas y Cuaternario, Universidad Nacional de Mar del Plata. P. 50.

DIAZ DE TERAN, J.R. (1988): “Tipos y metodologías de cartografías geoambientales o geocientíficas”. Publicación 187 Dpto. Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Santander. 12 pp. España.

ELVIRA E. SUERO, JORGE N. SANTA CRUZ, ADRIÁN SILVA BUSSO (1999-2003): “Sustentabilidad del riego suplementario en el sudeste de la provincia de Buenos Aires”. Proyecto BID 1201 OC/AR 08-4675, Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce (INTA), Instituto Nacional del Agua (INA) y Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP). Informe Final_Parte I

GARCIA, María Celia (2004): “Sustentabilidad Urbana en Mar del Plata. Un análisis a partir de los residuos sólidos domiciliarios, su gestión y la calidad de vida de la población consumidora” en *Nuestra Geografía Local*. GESPyT. Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata.

GARCÍA, R. (1994): “Interdisciplinariedad y sistemas complejos”. E. Leff (Ed.), *Ciencias Sociales y Formación Ambiental*, Gedisa Editorial.

GOMEZ DELGADO, M. y BARREDO CANO, J.I. (2005): *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio*. 2ª ED. RA-MA Editorial. ISBN 978-84-7897-673-7. 304 pp.

GROSMAN Fabián Y SANZANO Pablo (2008): “Lagunas seleccionadas y rutina de muestreo”. *Espejos en la Llanura. Nuestras lagunas de la Región Pampeana*

JACOB S. B, “Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos para Mar del Plata, la importancia de la educación y concientización en el marco regulatorio”. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Mar del Plata.

JARAMILLO Jorge (2002): *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Universidad de Antioquia. Colombia. 303 pp

LINARES G., AMBROSIS M.E., GIAMPETRI L., WITKIN G., CIONCHI J.L., (2003): “Caracterización Regional de lotes propuestos para el futuro Relleno Sanitario del Partido de General Pueyrredón (Mar del Plata)”. Dirección de Gestión Ambiental MGO, OSSE MGP.

LUCERO, Patricia Iris (2004): “Población y poblamiento del Partido de General Pueyrredón” en *Nuestra Geografía Local*. GESPyT. Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata.

MANTOBANI, José M.; JUAREZ, Viviana I.(2004): “Nuestra Geografía Local y los SIG” en *Nuestra Geografía Local*. GESPyT. Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata.

MARTINEZ Daniel *et al*, (1993): “Los residuos sólidos domiciliarios del Partido de General Pueyrredón (Prov. de Buenos Aires) desde una perspectiva geológico-ambiental. Parte II: Deterioro de la calidad de las aguas subterráneas debido al lixiviado de los sitios de disposición final.

MASSONE HÉCTOR, TOMAS MÓNICA, FARENGA MARCELO (2005): “Una aproximación geológica a la planificación de usos del territorio utilizando técnicas S.I.G. Balcarce (Argentina) como estudio de caso”. Actas del XVI Congreso Geológico Argentino.

MASSONE, H. E. *et al*, (1993): “Los residuos sólidos domiciliarios del Partido de General Pueyrredón (Prov. de Buenos Aires) desde una perspectiva geológico-ambiental. Parte I: Aplicación de la cartografía geocientífica a la selección de sitios de disposición final”. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas T°VI (303-310).

MENNA M., JACOB, S., PLAZA G., DI VELTZ H., CID J.C., PACHECO O. (2001): “Household Solid Sampling for Mar del Plata City-Argentina “ISWA Times, Issue N°3, ISSN-0906-1435.

PENIDO MONTEIRO, José Henrique y otros (2006): *Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de América Latina y el Caribe*. Primera edición, 264 pp.

RIVERA, Hugo H. (2001): “Aplicación de la evaluación multicriterio para la asignación de funciones al territorio de la reserva nacional Valdivia”. Proyecto: manejo sustentable del bosque nativo. Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal, Corporación Nacional Forestal de Chile.

ROMERO, C. (1996): “Análisis de las decisiones multicriterio”. Serie de Monografías de Ingeniería de Sistemas. Publicaciones Isdefe. Madrid. 115 pp.

SAGUA, Marisa Cristina (2004): “Dinámica Socio-demográfica y Ambiente al Interior del Partido de General Pueyrredón” en *Nuestra Geografía Local*. GESPyT. Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S.A. (1998): “Evacuación de residuos sólidos y rechazos” en *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. McGraw Hill. Madrid.

Sitios web consultados

www.abc.gov.ar (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), marzo 2010.

www.ambiente.gov.ar (SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación), febrero 2010.

www.ceamse.gov.ar (CEAMSE: Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado), diciembre 2009.

www.cepis.ops-oms.org (CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), marzo 2010.

www.clarin.com (Diario Carín), enero 2010.

www.epa.gov/ (US-EPA: US Environmental Protection Agency), abril 2010.

www.esri.com/company/about/history.html (Historia de ESRI), febrero 2010.

www.iswa.org (ISWA: International Solid Waste Association), febrero 2010.

www.opds.gba.gov.ar (OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible), febrero 2010.

www.osmgp.gov.ar (OSSE: Obras Sanitarias del Estado, Municipalidad de General Pueyrredón), abril 2010.

www.planeadoresmdp.com.ar (Club de Planeadores Mar del Plata), marzo 2010.

Otras fuentes

Informe Anual 2006-2007 sobre Calidad del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión Ambiental del Partido de General Pueyrredón. Mar del Plata, Argentina. 54 pp.

Carta ambiental del Partido de General Pueyrredón (1995), Tomo I: Etapa de Inventario.

Gobierno de Chile (2001): Identificación de áreas para localización de instalaciones de manejo de residuos sólidos domiciliarios. Comisión General del Medio Ambiente.

Audiencia pública (2000), proyecto de pliego de bases y condiciones para la licitación de la disposición final de residuos. Honorable concejo deliberante del Partido de General Pueyrredón, Municipalidad de General Pueyrredón.

Centro de Geología de Costas y Cuaternario de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Secretaría de Usos del Suelo del Partido de General Pueyrredón. Municipalidad de General Pueyrredón.

Ente Municipal de Turismo (EMTUR) del Partido de General Pueyrredón.

Ente Municipal de Vialidad, Servicios Urbanos y Gestión Ambiental (EMVISUR y GA) del Partido de General Pueyrredón.

Aeroclub Mar del Plata.