



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE CIENCIAS

Tesis de grado

Licenciatura en Geografía

**Identificación de zonas preliminares para la  
localización de un Relleno Sanitario: estudio de  
caso de la ciudad de Salto**

Autor: Carlos Andrés Acosta Ávila

Tutor: Dr. Mauricio Bruno Ceroni Acosta

Montevideo, Uruguay

Setiembre 2019

## **Página de aprobación**

Facultad de Ciencias

**Título:** Identificación de zonas preliminares para la localización de un  
Relleno Sanitario: estudio de caso de la ciudad de Salto

**Carrera:** Licenciatura en Geografía

**Autor:** Carlos Andrés Acosta Ávila

**Tutor:** Dr. Mauricio Bruno Ceroni Acosta

### **Tribunal:**

Ing. Nicolás Rezzano

Dr. Ismael Díaz

Dr. Mauricio Bruno Ceroni Acosta

## **Agradecimientos**

A mi amigo y tutor que a la distancia me permitió bajar a tierra y ordenar todas las ideas, tarea que sé no fue sencilla y luego, pacientemente, aconsejándome en cada avance. Además de ser él quien me abrió las puertas de esta hermosa carrera. Aquí también me gustaría incluir a Ismael Díaz quien colaboró en los primordios del proyecto, sobre todo en temas relacionados a la metodología.

A los expertos que colaboraron con la investigación, Ofelia Gutiérrez, Nicolás Rezzano, Richard Detomasi, Germán Botto, Luis Lagaxio, Marcel Achkar, Carlos Céspedes, Carolina Ramírez, Ismael Díaz, sin su ayuda no hubiese sido posible alcanzar los resultados obtenidos.

También a la intendencia de Salto, por medio de Msc. Alexandra Bozzo y Vet. Verónica Baldassini que de manera muy fraterna me recibieron y colaboraron cada vez que fue necesario.

Sin ningún tipo de dudas el eterno agradecimiento a toda mi familia. Comenzando con mi madre gran luchadora y locomotora, su constante apoyo y humildad fueron y siguen siendo importantes virtudes que han permitido que hoy este trabajo llegue a su fin. Mi padre, espejo en el que siempre me gustó mirarme, su espíritu de libertad y la relación cercana con la naturaleza además de su conocimiento de la historia y lucha social me ayudaron a poder ver el mundo a través de la geografía. Mi hermana,

una tigra, siempre mirando para adelante con la sonrisa pegada en la cara, capaz de caer y levantarse a vivir sin dejar pasar el tiempo a lo bobo, orgullosa madre de la niña más linda del mundo, Luana, cuya energía renovable me recarga de felicidad siempre.

A mis amigos del alma, aquellos que me conocen bien saben que soy una persona cargada de errores y desaciertos, a pesar de ello alguna cosa buena debo estar haciendo bien para tener cerca a gente tan sencillamente hermosa que desde tantos lados diferentes de mi vida conforman los puertos seguros que busco para refugiarme y sentirme cuidado y querido.

Finalmente, a la mujer que me cambió la vida, Bárbara, hoy mi compañera, mi amiga, mi amante, mi cable a tierra, mi lujo. Esa que amo con el alma y que me dio el empujón final y me sostuvo para poder terminar con la tesis. Que admiro profundamente en toda su humanidad y que juntos hemos asumido el mayor compromiso amoroso que jamás tuve, mi hijo Tiziano.

Simplemente, gracias.

## Listado de acrónimos

AHP	Analytic Hierarchy Process (Proceso analítico jerárquico)
COTAMA	Comisión Técnica Asesora de la Protección del Medio Ambiente
DINOT	Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial
EMC	Evaluación Multicriterio
GD	Gobierno Departamental
GESTA residuos	Grupo de Estandarización Residuos
IBPERS	Información de Base para el Diseño de un Plan Estratégico de Residuos Sólidos
IC	Intendencia de Colonia
MIDES	Ministerio de Desarrollo Social
MVOTMA	Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
OAT	Ordenamiento Ambiental del Territorio
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OSE	Obras Sanitarias del Estado
PBI	Producto bruto interno
PDRS	Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RS	Relleno Sanitario
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SDF	Sitio de Disposición Final
SIG	Sistema de Información Geográfica

## **Índice de contenidos**

Índice de Figuras	8
Índice de Tablas	10
Índice de ecuaciones	11
<b>1. Introducción</b>	<b>13</b>
1.1. Presentación del Problema	13
1.2. Antecedentes	16
<b>2. Marco conceptual</b>	<b>20</b>
2.1. Marco Legal	24
<b>3. Objetivos</b>	<b>28</b>
3.1. Objetivo General	28
3.2. Objetivos Específicos	28
<b>4. Área de estudio</b>	<b>29</b>
4.1. Características y contexto espacial del área de estudio	29
4.2. Localización actual del sitio de disposición final de la ciudad de Salto	31
<b>5. Materiales y métodos</b>	<b>33</b>
5.1. Estrategia metodológica	33
5.2. Delimitación del área de estudio	34
5.3. Estimación del área de ocupación	36

5.4. Consulta con expertos para la identificación de criterios	43
5.5. Normalización de las variables	44
5.6. Proceso analítico jerárquico	48
5.7. Geoprocesamiento espacial	51
5.8. Regionalización-Suma lineal ponderada	53
5.9. Validación de las zonas con aptitud para la localización del RS	55
<b>6. Resultados</b>	<b>56</b>
6.1. Área potencial para la localización	56
6.2. Evaluación de las variables por parte de los expertos consultados, validación, sugerencias, comentarios.	59
6.3. Áreas obtenidas a partir de la normalización de las variables validadas	64
6.4. Valores correspondientes al proceso de ponderación de las variables	66
6.5. Zonas con aptitud para localizar un RS	67
6.6. Validación de los datos obtenidos	69
<b>7. Discusión de resultados</b>	<b>73</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>78</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>80</b>
ANEXO A	91

ANEXO B	93
ANEXO C	94
ANEXO D	96
ANEXO E	98
ANEXO F	100

### **Índice de Figuras**

Figura 1: Modelo de tetraedro de las dimensiones-fuerzas del ordenamiento ambiental del territorio	21
Figura 2: Localización de la ciudad de Salto junto al departamento en función de las unidades de paisaje	30
Figura 3: Unidades geológicas cercanas a la ciudad de Salto	31
Figura 4: Localización de SDF de la ciudad de Salto, en relación a la toma de agua de OSE	32
Figura 5: Esquema general de la metodología	33
Figura 6: Área de estudio, radio de 15 km desde el límite exterior de la ciudad de Salto	35
Figura 7: Categorías de usos de suelo del área de estudio según la Ley 18.308	36
Figura 8: Distribución temporal de la población de la ciudad de Salto para el período 1996-2025	38



Figura 9: Modelo de celdas sanitarias y estructuras de las camadas	42
Figura 10: Perfil ilustrativo de la disposición de las camadas en un Relleno Sanitario	42
Figura 11: Función Sigmoidal	46
Figura 12: Matriz ejemplo de comparación de variables	50
Figura 13: Aptitud potencial para la instalación de un relleno sanitario	68
Figura 14: Zonas delimitadas para el análisis	69
Figura 15: Usos de suelo predominantes en la zona 5	71
Figura 16: Padrón 4514 y su correspondiente aptitud para la instalación del RS	72
Figura 17: Multi-buffers para monte nativo	99
Figura 18: Valores fuzzificados para la distancia del Monte nativo	99

## Índice de Tablas

Tabla 1: Criterios de aptitud, tratamiento de variables para normalización.	47
Tabla 2: Escala de juzgamiento de importancia del método AHP	49
Tabla 3: Cálculo de volumen total de residuos del período 2018-2030	58
Tabla 4: Relación de tamaño del RS en m <sup>2</sup> con el volumen en m <sup>3</sup> por camada.	59
Tabla 5: Fuentes de información.	63
Tabla 6: Área de exclusión correspondiente a variables del tipo restrictivo.	64
Tabla 7: Áreas correspondiente según variables del tipo factor	65
Tabla 8: Ponderadores para cada criterio	66
Tabla 9: Áreas y porcentajes según rango de aptitudes para la instalación de un relleno sanitario	68

## **Índice de ecuaciones**

Ecuación 1	37
Ecuación 2	38
Ecuación 3	39
Ecuación 4	41
Ecuación 5	54

## **Resumen**

El crecimiento de la población mundial, relacionado con el modo de vida urbano y los patrones de consumo han generado un aumento continuo en la producción de los residuos. Su gestión y tratamiento final conforman procesos que atraviesan transversalmente al sistema ambiental definido a partir de sus cuatro dimensiones: la biofísica, la social, la económica y la política, cada una de ellas con claras expresiones territoriales. En las que se evidencian los procesos negativos derivados entre otras cosas de la elección de su localización. El sitio de disposición final de la ciudad de Salto es un claro ejemplo de ello, presentando un funcionamiento de vertedero a cielo abierto, cuya vida útil está finalizando y con una situación ambiental sumamente desfavorable que ha llevado al gobierno departamental a iniciar gestiones para paliar la situación. En este marco, el objetivo del presente trabajo es identificar zonas de mayor aptitud para la localización de un relleno sanitario, que minimice los posibles impactos biofísicos y sociales negativos asociados así como también los costos de traslado de los residuos. La estrategia metodológica integró en primer lugar, la obtención de resultados intermedios como el cálculo del área necesaria basada en los años de vida útil, posteriormente la elección y validación de variables y la ponderación de cada una de ellas. Luego mediante la integración de herramientas de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica, apoyado con una serie de consultas a expertos fue posible complementar, verificar y ponderar las variables identificadas en la revisión bibliográfica. El resultado final fue una cartografía en la que es posible identificar, a partir de un gradiente de aptitud, zonas preliminares con aptitud para la instalación de un Relleno Sanitario. Las cuales fueron validadas mediante la visualización de imágenes satelitales y entrevistas con miembros del gobierno departamental ajustando los resultados obtenidos según el conocimiento del área por parte de los mismos. Llegando a un área cuyo suelo predomínate es poco profundo y rocoso y de baja fertilidad cuyo uso es mayormente es ganadero.

### **Palabras clave:**

Relleno sanitario, residuos sólidos urbanos, evaluación multicriterio, Ciudad de Salto.

# 1. Introducción

## 1.1. Presentación del Problema

El aumento de la población urbana a nivel mundial, junto con el incremento de la producción de las mercancías, asociado al permanente estímulo al consumo, han favorecido el crecimiento constante de la generación de residuos urbanos (PNUMA, 2013). Durante el año 2016 se generaron en el mundo 2.010 millones de toneladas de residuos y se estima que para el 2050 la producción será de 3400 millones de toneladas (Banco Mundial, 2018) que deben ser gestionados y tratados una vez culmina su vida útil.

Las consecuencias que genera la mala gestión de los residuos, son, por un lado, contribuir al mantenimiento de las desigualdades sociales, debido a que constituye una amenaza constante a la salud pública para toda la población siendo mayor en poblaciones vulnerables. Y por otro, agravar la degradación ambiental modificando ciclos naturales de los suelos y su geomorfología, aumentando los niveles de contaminación atmosférica y causando fuertes impactos negativos a nivel biótico (Banco Mundial, 2017, OPS, 2010, Schalch *et al.*, 2002). La raíz del problema radica en que “a diferencia de lo que ocurre en la Naturaleza -que integra sus residuos en sus ciclos naturales- las sociedades de consumo son buenas

productoras y consumidoras, pero, sin embargo, muy malas descomponedoras y recicladoras” (Pardo, 1998, p.1).

En Uruguay, dicha problemática existe, y se manifiesta de manera diferencial en los distintos departamentos presentando importantes diferencias sobre políticas vinculadas a la gestión de residuos. Pero con problemas recurrentes en cada uno de ellos como la falta de infraestructura, dificultades en la operación, y/o problemas de localización, lo que genera que no se alcance a cumplir con los estándares técnicos sugeridos (OPP, 2011).

El caso del Sitio de Disposición Final (SDF) de la ciudad de Salto, es un claro ejemplo de mal funcionamiento, ya que actúa como vertedero a cielo abierto, no cuenta con tratamiento de lixiviados y tampoco posee balanza. Se estima que se reciben 80 ton/día cuyo volumen aproximado es de 120.000 m<sup>3</sup> de residuos depositados en un área total de 5 hectáreas<sup>1</sup>. Existe, además, la presencia de trabajadores informales que ingresan al predio en búsqueda de materiales para clasificar y vender. Este sector de la población, es vulnerable a nivel social, económico y ambiental y su ingreso al SDF no hace más que aumentar el riesgo de contraer un sinnúmero de enfermedades y exponerlos a posibles accidentes (OPP, 2011). A lo ya presentado se suma un potencial existente para la proliferación de las enfermedades de la Leishmaniasis, la Chikungunya y

---

<sup>1</sup> Anexo A

Dengue, transmitidas por insectos (vectores) que encuentran allí las condiciones adecuadas para su proliferación.

Todo esto ha obligado al Gobierno Departamental (GD) a plantear medidas de mitigación mediante lo que han dado en llamar “Plan de mejora del sistema de gestión y disposición de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Salto”. Con la intención de determinar el estado de situación del SDF y las acciones a tomar para su reacondicionamiento a fin de aumentar su vida útil por no menos de 3 años. Paralelamente también se ha firmado un convenio con la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) y el Ministerio de Desarrollo Social (MIDES) para realizar un plan de gestión de los residuos sólidos urbanos reciclables (Intendencia de Salto, 2018).

Por estos motivos, se entiende que es necesario proyectar la posibilidad de establecer una nueva alternativa de localización, que contribuya a la problemática ya planteada con el fin de colaborar a mejorar la situación actual del SDF. En tal sentido, la interrogante por la cual va transitar la tesis refiere a determinar, ¿Cuáles son las áreas con las características más adecuadas para la instalación de un SDF cercanas a la ciudad de Salto, de manera tal, que los impactos ambientales negativos sean mínimos, que afecte lo menos posible a la población y que sea económicamente viable para la intendencia departamental?

## 1.2. Antecedentes

En esta instancia se procuró información referente a los aspectos vinculados con la elección (criterios y metodologías) para la instalación de un SDF tanto a nivel nacional como internacional. En relación a estos últimos, se destacan los trabajos de Calijuri (2002), Tshako (2004), Nascimento (2012), Lopes (2011) y Vaz (2012), debido a que integran múltiples parámetros que abarcan una gran cantidad de variables para determinar las diferentes opciones de localización. Además de proponer metodologías similares en la que en la que se integran herramientas de Evaluación Multicriterio (EMC) y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Combinación que permite realizar la evaluación cuantitativa de las posibilidades de localización, y posteriormente su modelamiento espacial, siendo una metodología muy efectiva para la planificación y gestión territorial (Da Silva, 2015).

Con respecto a los estudios nacionales se destacan varias iniciativas que permiten explorar las metodologías utilizadas, pero sobre todo ayuda a identificar las variables y los contextos locativos.

En este sentido, en el marco de la Comisión Técnica Asesora del Medio Ambiente (COTAMA) del Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) fue creado en el año 2003, entre otros, el Grupo de Estandarización Ambiental para residuos, (GESTA residuos). Donde se elabora una propuesta que apunta a la reglamentación de la



gestión integral de residuos industriales. Dentro de los principales aspectos, se destaca, las especificaciones locativas y de funcionamiento a considerar para la instalación de un SDF capaz de recibir los residuos correspondientes a dichas actividades. Se plantean dos tipos, según los residuos que remiten a cada uno. El primero, asociado a residuos que puedan presentar altos riesgos de seguridad cuyo tratamiento es mediante confinamiento. El segundo, se vincula a residuos que requieren un tratamiento de degradación. También se presentan los criterios de exclusión y los criterios guías (factores) de aptitud para la selección de sitios de implantación de ambos tipos de RS (MVOTMA, 2003).

Paralelamente, existen dos importantes documentos que describen el estado de situación de todas las etapas de la gestión de los residuos de nuestro país y el estado en el que se encuentran los SDF significativos de todos los departamentos (sin tener en cuenta la situación y localización de los basurales endémicos). Estos son el “Plan director de residuos sólidos de Montevideo y área metropolitana (PDRS), elaborado por la OPP en 2005.y la “Información de base para el diseño de un plan estratégico de residuos sólidos” (IBPERS), del año 2011, que no incluye al área metropolitana, también elaborado por la OPP.

A nivel departamental, existen una serie de documentos y licitaciones presentados por parte de las intendencias de Cerro Largo, Colonia, Rivera, Rocha, y Río Negro cuyas localizaciones ya están dadas, siendo en general padrones en propiedad de la intendencia, en casos cercanos a

los SDF actuales inclusive en los mismos. En este sentido, un antecedente que merece especial atención es el de la Intendencia de Canelones, ya que en el PDRS se plantea la necesidad de elegir una localización para un SDF al que remitan los residuos del área metropolitana de Montevideo. Allí se presenta una metodología basada en criterios de exclusión y de restricción resultando en varias posibilidades locativas decantando por una cercana al SDF actual (OPP, 2005). Posteriormente, durante el año 2018 se presentó por parte de la empresa Aborgama, en respuesta a una licitación pública del GD de Canelones, una propuesta de localización de dos padrones cercanos a las nacientes del Arroyo Solís chico. Proyecto que no fue llevado a cabo por una fuerte resistencia de comunidades de vecinos de la zona y de localidades asociadas al arroyo, alegando el valor ecológico del curso de agua otorgado por el propio GD, la no contemplación de la Ley 18.308, la no consideración de factores geológicos vinculado con toma de agua para la localidad de Soca y una resolución por parte del MVOTMA en el año 2013 a la OSE para el posible represamiento del arroyo para cubrir la demanda de agua potable a la ciudad de la costa. (Barquet, 2018, Cuberos, 2018).

Por otro lado, en el marco del XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (2000), fue presentado el trabajo titulado “Metodología para la localización de un relleno sanitario y su aplicación para una ciudad del Uruguay”. Como caso de estudio fue utilizada la

ciudad de Treinta y tres, en el cual, se detallan las distancias utilizadas en cada criterio (Lopez *et al.*, 2000).

Por último, en relación a un antecedente directo al estudio de este trabajo, en el año 1999 fue presentado un “Estudio de ubicación de futuro relleno sanitario-Ciudad de Salto” (Montaño, 1999). Arrojando como resultado que la zona más adecuada sería al norte de la ciudad, ya que presenta el subsuelo más apto desde el punto de vista de la permeabilidad y la protección del acuífero Formación Arapey. Dicho estudio, presenta la limitante que no existía, en esa época, la normativa vinculada al Ordenamiento del Territorio principalmente lo referido a la Ley 18.308. Finalmente, en el mes de agosto, se ha firmado un contrato licitatorio entre la intendencia y la empresa Sigmaplus SRL. para la elaboración del “Plan de mejora del sistema de gestión y disposición de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Salto” (Intendencia de Salto, 2018) con varios objetivos, siendo el más destacable el de avanzar en las tareas de clausura del actual vertedero y ampliar la zona de disposición de manera paliativa.

## 2. Marco conceptual

Un SDF conlleva asociados costos de instalación, funcionamiento y transporte, un potencial descontento social además de potenciales impactos negativos a nivel biofísico en el ecosistema receptor (OPS, 2010). Su instalación es generadora de una importante transformación territorial<sup>2</sup> que amerita una mirada holística de la problemática para el ordenamiento del mismo. En este sentido es importante identificar una categoría conceptual que integre diversas dimensiones territoriales como lo es el Sistema Ambiental, definido como: "Una totalidad compleja, diversa, en permanente transformación y auto organización, cuya configuración surge de la interacción de procesos físicos, químicos, biológicos, tecnológicos socio-económicos, políticos y culturales, que hacen emerger sus diversas expresiones territoriales y temporales" (Gazzano y Achkar, 2013, p. 13).

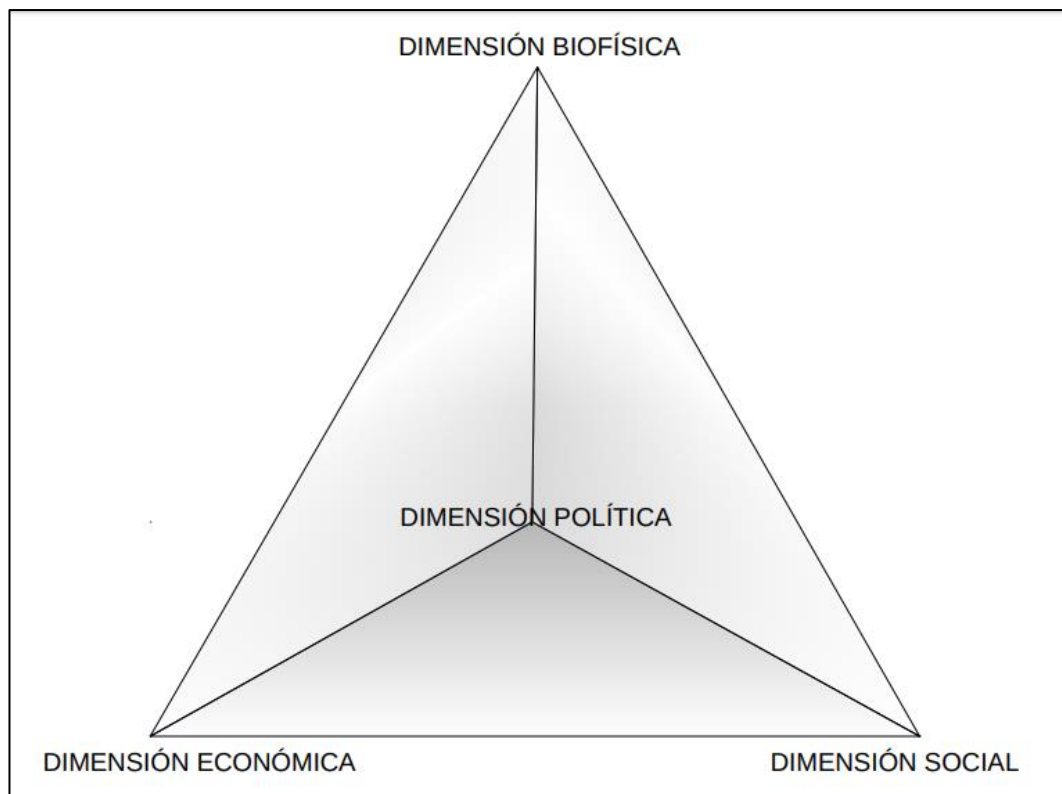
Brindando así el marco de referencia para un Ordenamiento Ambiental del Territorio (OAT) entendido como "un proceso dinámico dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio, considerado el equilibrio ecológico del mismo" (Cantón, 2000, p. 186). Profundizando en dicho concepto el equilibrio debe considerar no solo la dimensión biofísica sino también económica, política y social, tanto

---

<sup>2</sup> "conjunto indisociable, solidario y también contradictorio, de sistema de objetos y de acciones, no considerados aisladamente, sino como un cuadro único en el que la historia se da." Santos (1996, p. 39).

en los aspectos territoriales como temporales (Cayssials, 2005), tal como se refleja en el modelo propuesto por Achkar *et al.* (2005), (Figura 1).

Figura 1: Modelo de tetraedro de las dimensiones-fuerzas del ordenamiento ambiental del territorio.



Fuente: Achckar *et al.*, 2005.

Como se ha visto en los antecedentes sobre las licitaciones para la instalación de sitios de tratamiento final de residuos de otras intendencias, se presume que existe un desequilibrio en el que se considera principalmente el factor económico postergando los aspectos biofísicos y sociales ya que, como se ha mencionado, la localización está dada en

cada pliego. Atendiendo al desequilibrio planteado y en contrapartida, la geografía presenta una base epistemológica y metodológica que le permite analizar las interacciones entre los procesos sociales y naturales en la producción del espacio, la cual, complementa a otras disciplinas que abordan cuestiones vinculadas al OAT pudiendo realizar una importante colaboración en lo que respecta a la determinación de la localización para la instalación de un SDF.

Dentro de los que existen cuatro tipos: Basurales, vertederos a cielo abierto, vertedero controlado y relleno sanitario (RS) (Cempre Uruguay, 1998). Siendo éste último una "forma de disposición final de residuos sólidos urbanos en la tierra, a través de su confinamiento en capas cubiertas con materia inerte, generalmente tierra, según normas operacionales específicas, de modo de evitar daños o riesgos para la salud pública y la seguridad, minimizando los impactos ambientales" (Burner, 1985 citado en Cempre Uruguay, 1998, p. 103). Es la alternativa no solo económicamente viable sino de menor impacto ambiental en comparación con otras formas de tratamiento final de residuos (compostaje e incineración) (Schalch *et al.*, 2002). Siendo la más segura e indicada, debido a que presenta diversos sistemas de prevención de polución, evita al máximo la proliferación de vectores y la contaminación directa e indirecta de los ecosistemas (Lopes, 2011).

En este sentido, los estudios que apuntan a encontrar la mejor localización de los RS, se sustentan en una serie de criterios que sirven

como referencia para encontrar las áreas con mayor aptitud (Calijuri *et al.*, 2002). De ahí que el sistema ambiental y el OAT ofrecen un marco teórico útil para comprender la dinámica ambiental y su relación con los estudios de carácter técnico, como es este caso.

Tanto esta tecnología de tratamiento final, como todo lo vinculado con la gestión de residuos está sometida a normativa específica para evitar poner en riesgo a los ecosistemas y la salud de la población. Siendo de relevancia mencionar las principales normas existentes debido a que los estudios de este tipo tienen que estar en sinergia con lo que marca la ley.

## 2.1. Marco Legal

Para un mejor análisis de la normativa vigente, se la dividió en dos niveles, el nacional<sup>3</sup> y el departamental<sup>4</sup>.

En relación al nivel nacional, se destaca el art. 47 de la Constitución Nacional del año 1997, que consagra de interés general la protección del ambiente. Ya en el año 2000, la Ley “General de Protección del Ambiente” declara, en su art. N° 1, inciso c: “la reducción y el adecuado manejo de las sustancias tóxicas o peligrosas y de los desechos cualquiera sea su tipo”. Mientras que en su art. 8 se dictamina que el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) será quien dicte, en acuerdo con los GD, las providencias y aplicará las medidas necesarias para regular la generación, recolección, transporte, almacenamiento, comercialización, tratamiento y disposición final de los residuos. Y específicamente en la temática de la gestión de los residuos, en el art. 21, se consagra que “Es de interés general la protección del ambiente contra toda afectación que pudiera derivarse del manejo y disposición de los residuos cualquiera sea su tipo” (Poder Legislativo, N° 17.283/00).

---

<sup>3</sup> En el Anexo B se presenta de manera resumida la legislación en materia de residuos a nivel nacional.

<sup>4</sup> En el Anexo C se presenta de manera resumida la legislación en materia de residuos a nivel departamental.



Respecto a la localización de los SDF, en la “Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible” (18.308/08) se establecen los principios rectores de ordenamiento y desarrollo territorial sostenible, especificando en el art. 30 las tres categorías de los usos de suelo: urbano, suburbano y rural con sus subcategorías correspondientes, como los fundamentos de la planificación territorial (Poder Legislativo, N° 18.308/08). Por su parte la ley de “Presupuesto Nacional de sueldos gastos e inversiones” ejercicio 2010 - 2012, interpreta algunos artículos de la Ley 18.308, siendo de interés para este trabajo lo propuesto en el art. 610 donde se hace referencia al régimen de suelo rural productivo. En el cual, quedan excluidas dentro de las prohibiciones previstas, las “construcciones de sitios o plantas de tratamiento y disposición de residuos, parques y generadores eólicos, cementerios parques o aquellas complementarias o vinculadas a las actividades agropecuarias y extractivas, como los depósitos o silos” (Poder Legislativo, N° 18.719/10).

En cualquier circunstancia, según el decreto 349/005 “Reglamento de evaluación de impacto ambiental y autorizaciones ambientales”, en el art. 2 inc.10, se marca la obligación de la Autorización Ambiental Previa para todas aquellas instalaciones de plantas de tratamiento de residuos sólidos y sitios de disposición final cuya capacidad fuese mayor a 10 toneladas diarias. (Poder Legislativo, Decreto 349/005).

Finalmente, el MVOTMA ha presentado el 1 de noviembre de 2017 el “Proyecto de ley de gestión integral de residuos”, donde se destaca la

importancia en la planificación respecto a los SDF y su localización siendo este mismo ministerio quien “establecerá las condiciones mínimas para la localización, diseño, operación y clausura de los sitios de disposición final.” (MVOTMA, 2017 p. 24). Además se presenta la regulación en función de la autorización necesaria, las prohibiciones de ingreso a los SDF, los procesos de clausura y post-clausura, las restricciones de uso según el tipo de inmueble, se propone la creación del impuesto a la disposición final y la desestimulación a la disposición final de residuos que pudieran ser revalorizados (MVOTMA, 2017).

En lo que respecta a la normativa a nivel departamental se presentan variadas realidades, con ordenanzas de higiene y limpieza bastante desactualizadas y en general abordando la temática desde el punto de vista de la higiene y el paisaje de la ciudad, pero no con un enfoque ambiental (OPP, 2011). Particularmente en Salto y en el marco de la Ley 18.308/08 se crea el “Plan local de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible de la ciudad de Salto y de su microrregión” (2014) en el que se presenta un escenario deseado a futuro aspirando a una territorialidad más compleja. Donde se promueva la articulación entre los centros urbanos ubicados allí, fomentando la unicidad territorial:

*“potenciando las aptitudes de suelo y la racionalidad de infraestructuras. [Para lo que será necesario] una cuidada gestión de las áreas rurales, rur-urbanas y urbanas, minimizando la expansión errática o desordenada de la*

*urbanización, y un aumento de la calidad de la matriz ambiental, arquitectónica y urbanística de las acciones proyectuales que se concreten” (Intendencia de Salto, 2014, p. 15).*

Para alcanzar ese escenario, se plantea una estrategia de ordenamiento territorial que se fundamenta, entre otras cosas, en tener la “mayor anticipación posible a determinados problemas o demandas al ordenamiento territorial futuro frente a probables situaciones y propuestas de localización y uso del territorio” (Intendencia de Salto, 2014, p. 16).

Por lo tanto, frente a la problemática planteada y en sinergia con lo propuesto en el párrafo anterior, el presente trabajo está en concordancia con la coyuntura nacional y departamental, procurando contribuir a mejorar los procesos de localización de los SDF en general y particularmente para el departamento de Salto.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Identificar, de forma preliminar, las zonas de mayor aptitud para la localización de un relleno sanitario para la ciudad de Salto, que minimice los impactos biofísicos, sociales y los costos de traslado de los residuos.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

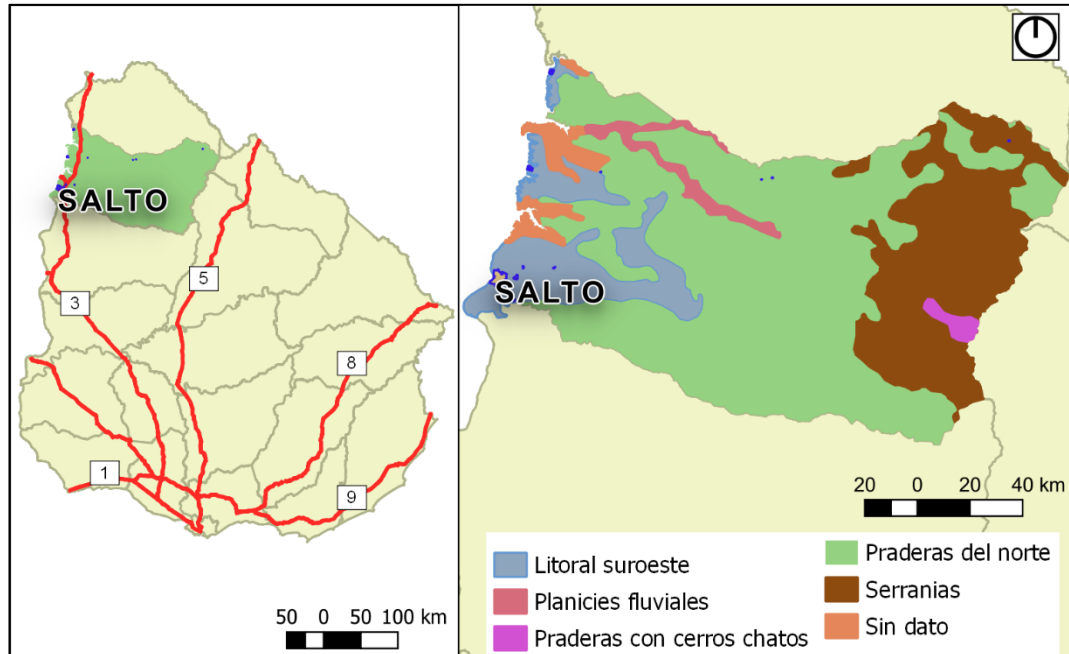
1. Delimitar el área de estudio.
2. Identificar las variables vinculadas a la elección de un sitio en el que instalar un RS según las características de nuestro país.
3. Aplicar una metodología que permita evaluar la aptitud de distintas áreas para la localización de un RS.
4. Identificar las zonas con mayor aptitud para instalar un RS.

## **4. Área de estudio**

### **4.1. Características y contexto espacial del área de estudio**

El departamento de Salto se sitúa en el noroeste del país y abarca una superficie de 14.163 km<sup>2</sup>, con una población de 124.861 habitantes, de los cuales 83,3% (104.011) vive en la capital (INE, 2011). Limita al norte con el departamento de Artigas, al este con el departamento de Rivera, al sur con Paysandú y al oeste con el Río Uruguay. Es un punto internacional de ingreso y egreso de mercancías y personas a través de sus principales vías de acceso las Rutas N° 3 y N° 4 y representa un importante destino turístico (Figura 2). (Uruguay XXI, 2016). Cuenta con una elevada disponibilidad de tierras aprovechables para diferentes actividades agropecuarias siendo las praderas la unidad de paisaje predominante. Su capital de nombre homónimo, se sitúa sobre la unidad paisajística del litoral suroeste, caracterizada por ser un mosaico de áreas cultivadas o altamente modificadas y corredores naturales de relieve ondulado. (Evia, 2000).

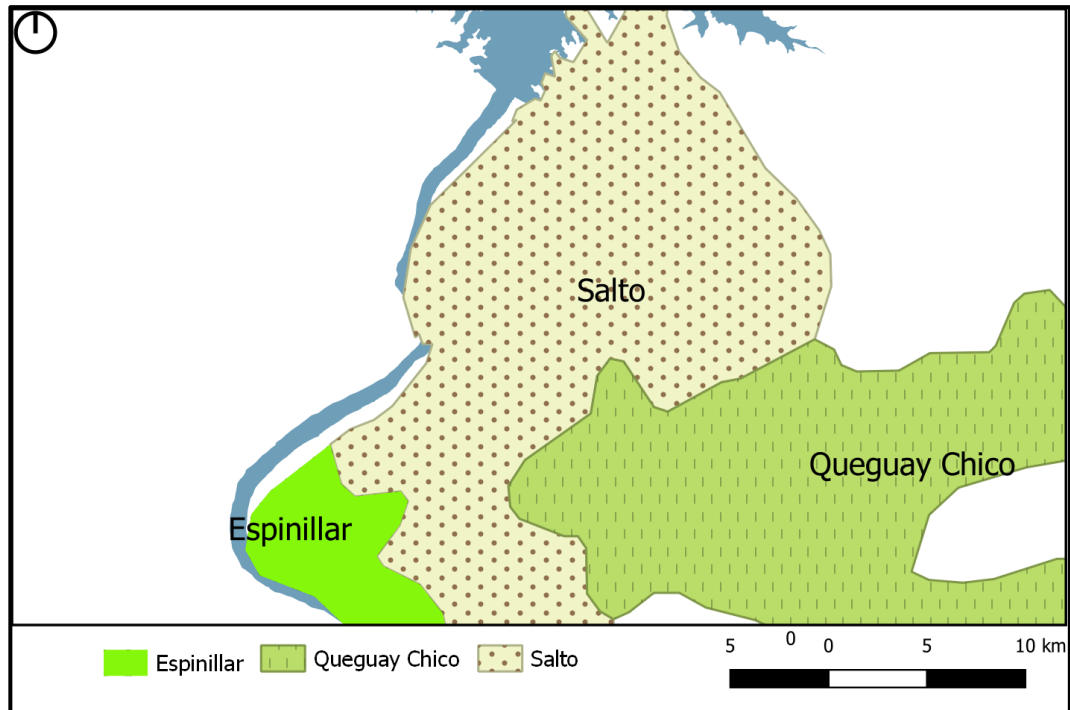
Figura 2: Localización de la ciudad de Salto junto al departamento en función de las unidades de paisaje.



Fuente: Geoportal, Observatorio ambiental, DINAMA, MVOTMA (25/08/2017)  
Elaboración propia.

En cuanto a la geología se identifican la Formación Salto cuya caracterizada por presencia de Argisoles (suelos con gran diferenciación textural como resultado de procesos de lixiviación de arcillas), la Formación Queguay chico con presencia de Litosoles (suelos superficiales poco desarrollados de baja fertilidad) y la Formación Espinillar caracterizado por presencia de Brunosoles (Suelos oscuros con importante presencia de materia orgánica y buen drenaje) (Figura 3) MGAP (1976).

Figura 3: Unidades geológicas cercanas a la ciudad de Salto



Fuente: MGAP (1976) Elaboración propia.

#### 4.2. Localización actual del sitio de disposición final de la ciudad de Salto

Su localización actual es cercana al Arroyo San Antonio chico (aproximadamente 700 metros). Este arroyo es tributario del Arroyo San Antonio grande, que desemboca en el Río Uruguay a aproximadamente 1 km de la toma de agua superficial de OSE (Figura 4).

Figura 4: Localización de SDF de la ciudad de Salto, en relación a la toma de agua de OSE.



Fuente: Elaboración propia.



## 5. Materiales y métodos

### 5.1. Estrategia metodológica

Para establecer las distintas opciones de localización se ha optado por realizar un análisis integrado por herramientas de Evaluación Multicriterio (EMC) y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Apoyado con una serie de consultas y validaciones que representaron resultados intermedios de distintas etapas las cuales fueron necesarias para el avance de las etapas posteriores (Figura 5).

Figura 5. Esquema general de la metodología.



Fuente: Elaboración propia basado en Díaz *et al.*, (2015).

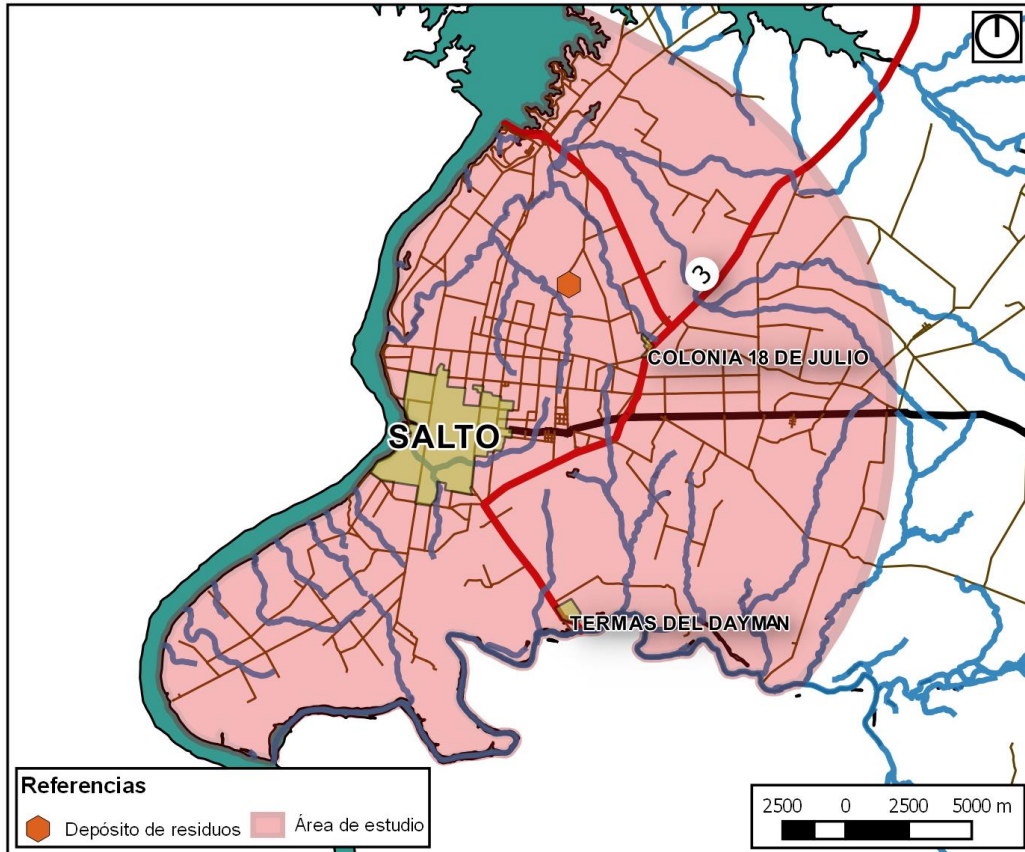
## 5.2. Delimitación del área de estudio

En el mes de abril del año 2017 fue realizada una entrevista con la consultora en medio ambiente de la División Ordenamiento Territorial y con la Coordinadora de Medio Ambiente de la Intendencia Departamental de Salto<sup>5</sup> para conocer cuál es la situación actual de SDF. Sobre todo, en lo que respecta a cantidad de residuos que remiten a él, el área ocupada actualmente, su funcionamiento interno (balanzas, cubrimiento de los residuos y su clasificación), las condiciones ambientales que presenta (manejo de lixiviados y gases). Además de, realizar la consulta del estimado de la distancia máxima a la ciudad en la que podría considerarse una nueva localización en función de los costos que podría asumir la intendencia referido a la recolección y transporte. Ante ésta consulta estimaron que debido a las dificultades económicas que presenta la Intendencia la distancia no debería ser mayor a los 15 km a partir del borde exterior de la ciudad, lo que conforma un área total de 479 km<sup>2</sup> (Figura 6).

---

<sup>5</sup> Anexo A

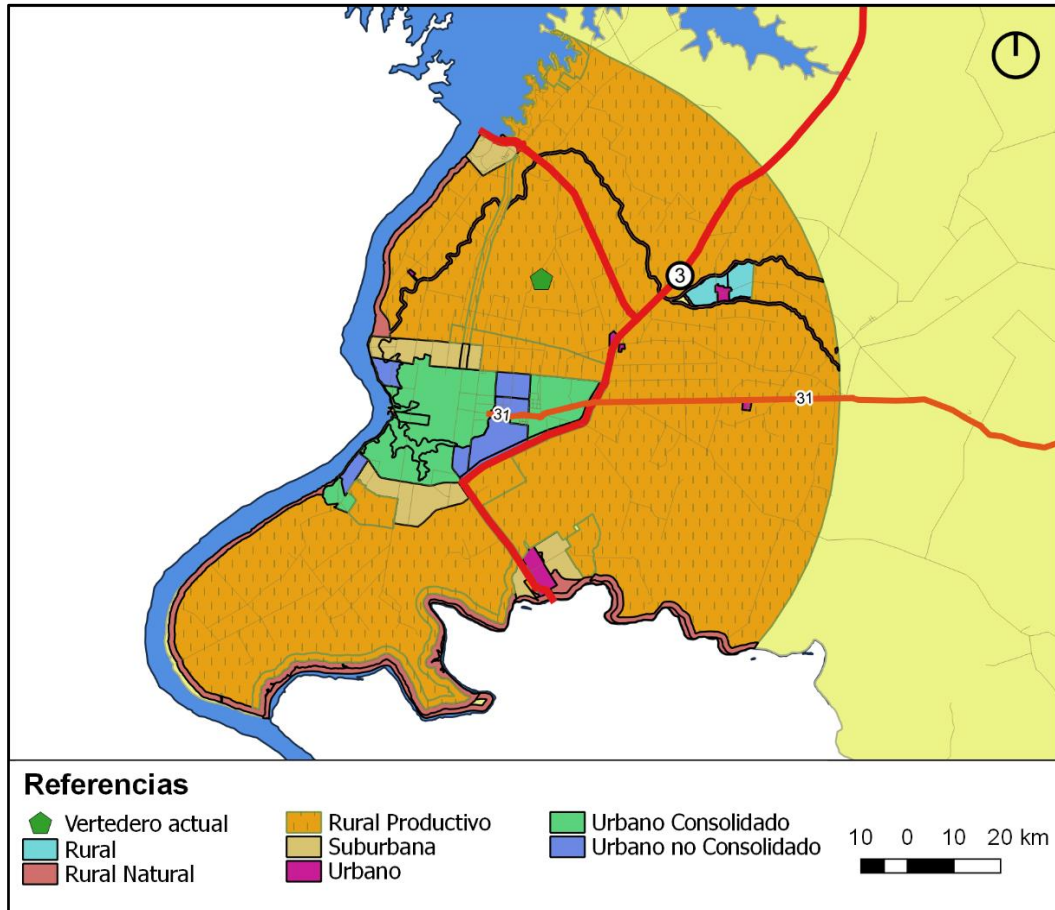
Figura 6: Área de estudio, radio de 15 km desde el límite exterior de la ciudad de Salto.



Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la entrevista del Anexo A.

Al considerar las categorías de usos de suelo según la Ley 18.308, específicamente aquellos identificados como “Rural productivo”, se obtienen de los límites legales para la instalación de un RS lo que se traduce en disminución del área efectiva para ello. (Figura 7).

Figura 7: Categorías de usos de suelo del área de estudio según la Ley 18.308.



Fuente: Geoportal DINOT, MVOTMA (25/08/2017), Elaboración propia.

### 5.3. Estimación del área de ocupación

Para realizar este cálculo es necesario conocer cuál será la proyección de la población y su estimación de consumo hasta el culmino de la vida útil del RS, la cual, según la bibliografía consultada no debe ser calculada a menos de 20 años debido a los altos costos de construcción y gestión (Calijuri *et al.*, 2002, Lopes, 2011). En este caso se calculará un mínimo de área a ocupar en función de los datos disponibles de las estimaciones

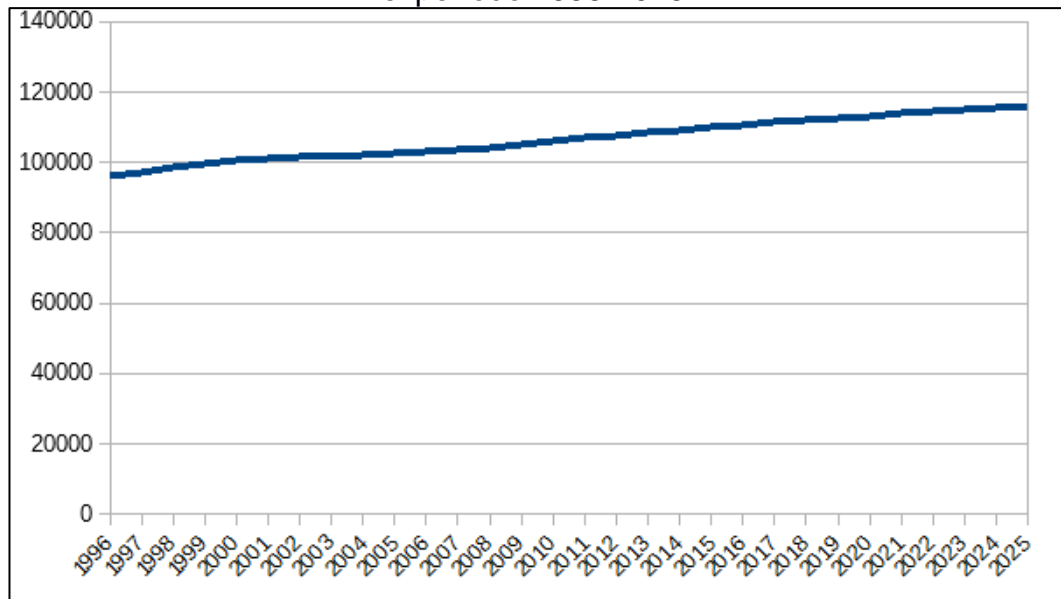
de las variables ya mencionadas que servirá para orientar la búsqueda de posibles padrones en las zonas obtenidas.

Por un lado, las estimaciones de población oficiales llegan hasta el año 2025 pero no presentan mayores dificultades es su extrapolación. No así las estimaciones respecto a la generación de residuos, siendo éstas las que plantean la limitante temporal ya que en el IBPERS (OPP, 2005) fueron realizadas hasta el año 2030.

Al visualizar los datos para la ciudad de Salto respecto al desarrollo poblacional en el período 1996-2025 (Figura 8), se observa que presenta una expresión lineal con una tendencia suavemente ascendente capaz de ser extrapolada hasta el límite de vida útil (año 2030) planteado para el RS, (INE, 2013). Para ello se realizó la proyección del crecimiento poblacional estimando la población en cada uno de los años faltantes mediante una regresión lineal de segundo grado (ecuación 1).

$$población_i = \beta_0 + año_i * \beta_1 + año_i^2 * \beta_2 + \varepsilon \quad (ecuación 1)$$

Figura 8: Distribución temporal de la población de la ciudad de Salto para el período 1996-2025.



Fuente: INE (2013), Elaboración propia.

Al ser un modelo lineal es posible determinar su coeficiente de determinación<sup>6</sup> (también llamado  $R^2$ ), (ecuación 2), que permite visualizar la bondad del ajuste del modelo a la variable que se está pretendiendo explicar, en este caso la población. El resultado de éste estadístico oscila entre 0 y 1, cuanto más se acerque a 1 mayor será el ajuste del modelo a la variable (López, 2018):

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^t (\hat{Y}_t - \underline{Y})^2}{\sum_{t=1}^t (Y_t - \underline{Y})^2} \quad (\text{ecuación 2})$$

En relación a los niveles estimados de consumo, no se presentan importantes modificaciones. Esto quiere decir, que el volumen diario

<sup>6</sup> El cálculo fue realizado mediante el programa estadístico R Studio disponible de manera gratuita en: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>

estimado hasta el 2030 se puede asumir como constante en 0,8 kg / día / persona (OPP, 2011). Paralelamente se debe conocer el peso específico, entre 0,5 y 0,7 toneladas por m<sup>3</sup> compactado (dependiendo del tipo, la humedad y método de operación de relleno y la tecnología de compactación) (Nascimento, 2012), optando, para el análisis, por el mínimo de compresión. Multiplicando el volumen diario por la población y posteriormente por el peso específico obtendremos el volumen teórico diario de residuo compactado. Finalmente, debe considerarse que las capas periódicas de cobertura representan un 35% del total de residuos depositados (ecuación 3), (Vaz, 2012).

$$VTC = VD \times P \times PE \times 1,35 \text{ (ecuación3)}$$

Donde:

VTC= Volumen teórico compactado

VD= Volumen diario

P= Población

PE= Peso específico (entre 0,5 y 0,7 ton/m<sup>3</sup> compactado)

1,35= Factor para cálculo de porcentaje de cobertura de material inerte

Seguidamente, debe escogerse el método de acopio más adecuado. En este caso, debido a las condiciones topográficas del área de estudio, se

ha optado por el método de área (Cempre Uruguay, 1998, Nascimento, 2012) cuya construcción se realiza sobre la superficie del terreno para rellenar depresiones, “donde difícilmente el suelo local puede ser utilizado como cobertura” (Nascimento, 2012 p. 140), obligando, en éste caso, al traslado de este material desde algún otro sitio. No obstante, hacen falta una serie de estudios técnicos que exceden esta investigación<sup>7</sup> para determinar fehacientemente la mejor opción metodológica.

Independientemente de la metodología utilizada, la sustentación de la estructura del RS, es dada a partir de unidades básicas llamadas celdas sanitarias (Schalch *et al.*, 2002). Estas conforman camadas de residuos de aproximadamente 10 metros de altura siendo 4 metros el máximo de celdas superpuestas (Figura 9). Para su construcción, Nascimento (2012) recomienda considerar una pendiente suave (por cada metro de altura debe haber uno de retroceso) para estabilizar y evitar deslizamientos a medida que este avanza, esto también depende del tipo de talud más apto a la necesidad del RS y su tecnología de construcción asociada. En este estudio y a modo de ejemplo, se ha optado por plantear su estructura conformando una pirámide (Figura 10) (Nascimento, 2012). De esta manera, conociendo su volumen y su altura, es posible calcular su base, o mejor dicho el área en la que se va a depositar los RSU mediante la ecuación 4:

---

<sup>7</sup> Estudios geofísicos (Sondeo eléctrico vertical) para determinar los componentes geológicos del subsuelo, como fallas, acuíferos, permeabilidad, etc.

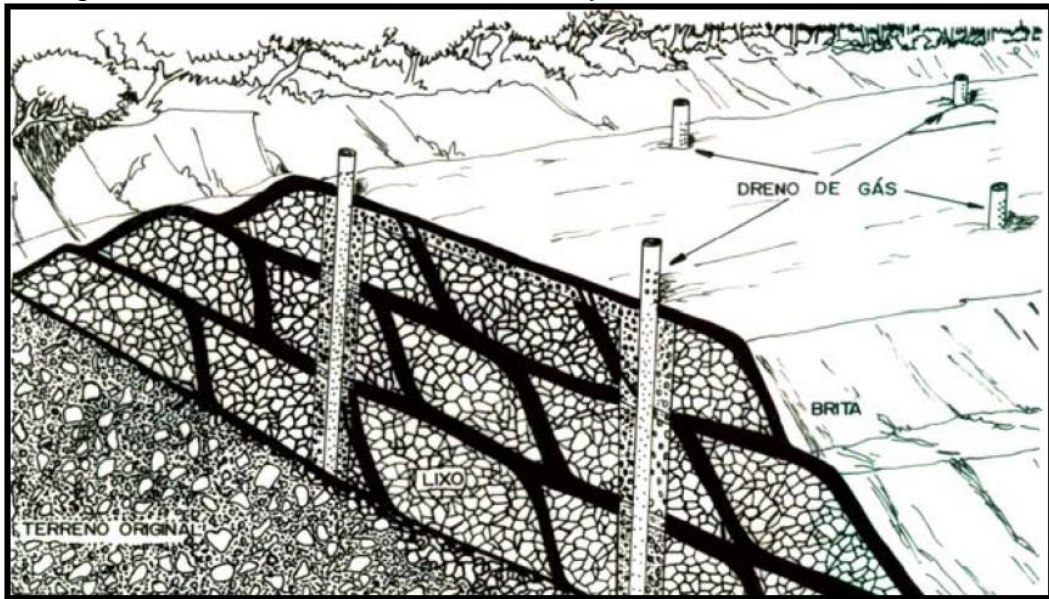


$$\text{volumen} = \frac{\text{área de la base} \times \text{altura}}{3} \quad (\text{ecuación 4})$$

Asimismo, una estructura como ésta genera un fuerte impacto visual desde la perspectiva del paisaje y a fin de minimizarlo, debe rodearse por una cortina vegetal. Que además de cumplir dicha función sirve como freno del viento (Cempre Uruguay, 1998) y ofrece una limitante en altura. Por último, debe agregarse un área de seguridad del 30% que comprende vías de circulación interna, sistemas de tratamiento de efluentes, balanza, administración, cortina arbórea, etc. (Vaz, 2012).

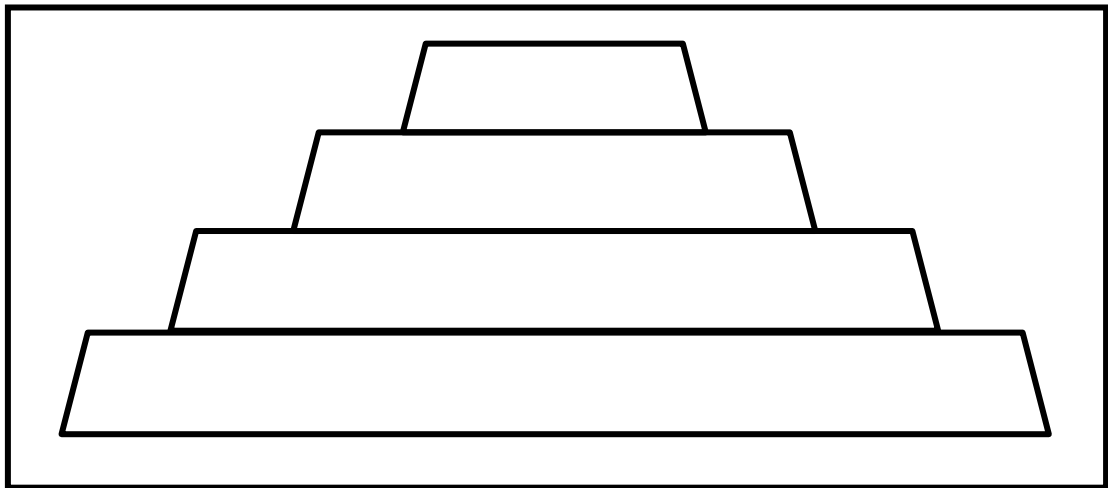
El área necesaria para la instalación puede variar en función de que, una vez definidas las áreas preliminares, deberían ser analizados sus aspectos geológicos, topográficos, entre otros, de manera que puedan ser calculados los aspectos estructurales el RS.

Figura 9: Modelo de celdas sanitarias y estructuras de las camadas.



Fuente: Schalch *et al.* (2002).

Figura 10: Perfil ilustrativo de la disposición de las camadas en un Relleno Sanitario.



Fuente: Elaboración propia en base a Nascimento (2012).

#### 5.4. Consulta con expertos para la identificación de criterios

Para la identificación y evaluación de los criterios (variables) necesarios en la determinación de la localización de un RS fueron considerados los propuestos en el informe GESTA Residuos (MVOTMA, 2003) y en los estudios de Calijuri (2002), Tshako (2004) Nascimento (2012), Lopes (2011) y Vaz (2012). Debido a la que en unos se presentan criterios que en otros no, se armó una lista con todos la cual fue puesta en consideración de dos expertos uno en Ingeniería Ambiental y otro en Geomorfología mediante dos entrevistas<sup>8</sup>, respetando la división de los mismos en tres categorías. De esta manera se logró determinar las relevancias de cada uno a la hora del desarrollo del proyecto y en caso de considerarlo necesario proponer otros que no hayan sido tenidos en cuenta en la bibliografía, ajustando de esta forma la metodología a las características generales de nuestro país. Los criterios puestos a consideración fueron los siguientes:

- Criterios biofísicos: características del basamento geológico, distancia al nivel freático, características del suelo, relieve-declividad del terreno, unidades de conservación, uso y cobertura de suelo, proximidad al agua subterránea, proximidad a cursos de

---

<sup>8</sup> Anexo D

agua, clima-precipitaciones, clima-temperaturas, clima-vientos, extensión de la cuenca hidrográfica.

- Criterios económicos-operacionales: distancia a áreas urbanas, vías de circulación, facilidad de acceso a vehículos pesados, costo de adquisición del terreno, costo de inversión en construcción e infraestructura, costo de mantenimiento en los sistemas de drenaje, área del RS (vida útil mínima), cantidad y calidad de los residuos generados, disponibilidad de material de cobertura, área disponible para la construcción de la laguna de lixiviados, proximidad a una estación de tratamientos de efluentes, proximidad a aeropuertos.
- Criterios sociales: distancias a zonas urbanas, distancia a núcleos urbanos de baja renta, acceso al área a través de calles con baja densidad ocupacional, control de enfermedades, inexistencia de problemas con la comunidad local, mal olor.

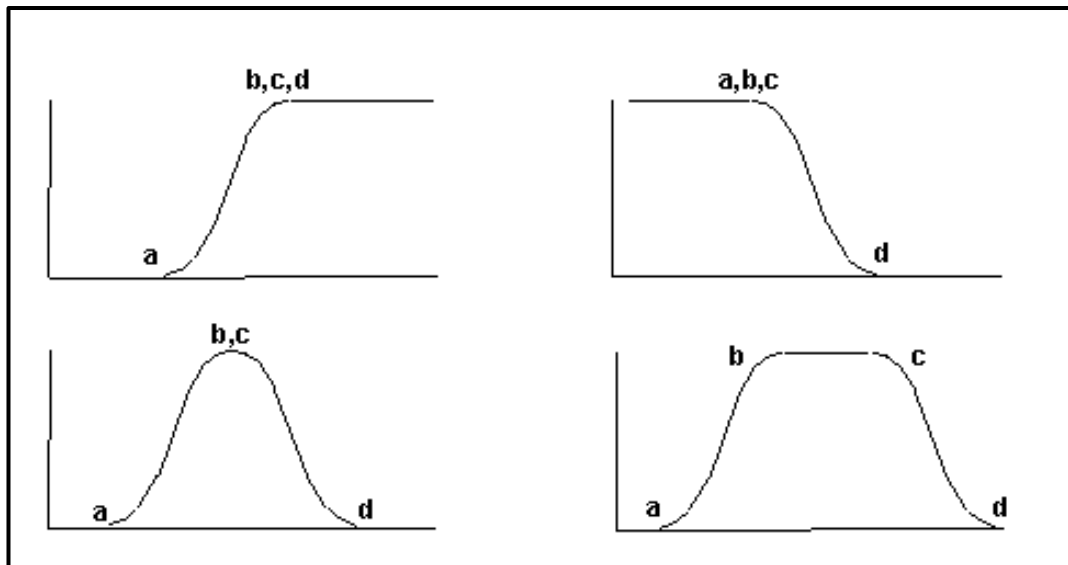
## 5.5. Normalización de las variables

Trabajar con variables que expresan diferentes dimensiones de la realidad implica que deben presentarse de manera tal que permita su comparación. Esto se realiza mediante un proceso de normalización que consiste en transformar los valores no comparables entre sí, de forma que todos estén representados bajo una misma escala haciendo posible su agregación y combinación de los valores.

Cada uno de los criterios, según su comportamiento, se pueden clasificar como: restricciones (criterios de exclusión), factores (criterios de aptitud) o ambas (Vaz, 2012, MVOTMA, 2003). Las restricciones están fundamentadas en criterios booleanos (verdaderos o falso), creando una limitación en el espacio de análisis, definiendo las alternativas elegibles de las no elegibles traducidas matemáticamente en el mapa en celdas de valor 1 y 0 respectivamente (Tsuhaiko, 2004). Mientras que los factores son criterios difusos (lógica fuzzy) que se definen en un rango de pertenencia a un conjunto de valores entre 0,0 y 1,0 indicando un crecimiento continuo, desde la no pertenencia hasta la pertenencia total (Calijuri *et al.*, 2002, Lopes, 2011, Tejeda, 2000). Podemos interpretar a la lógica booleana como un caso particular de la lógica fuzzy ya que los valores de 0 y 1 representan los extremos del intervalo de aptitud, yendo desde la incapacidad total al valor óptimo de instalación.

El proceso de normalización fuzzy puede realizarse mediante una serie de funciones: Sigmoidal, J-Shaped, Lineal y Compleja (Vaz, 2012, Tsuhako, 2004). “La función Sigmoidal es la más utilizada en la teoría de conjuntos fuzzy” (Tsuhaiko, 2004, p. 77), su curva describe una función coseno y requiere el conocimiento de cuatro puntos de control sobre la curva (a,b,c,d) (Figura 11).

Figura 11: Función Sigmoidal.



Fuente: Tshako (2004).

A modo de ejemplo los cursos de agua serán tratados como restricciones en los primeros 200 metros y luego como factor siguiendo la función Sigmoidal creciente, según puntos de control determinados<sup>9</sup>.

A partir de la búsqueda bibliográfica y las entrevistas se presentan en la tabla 1 los tratamientos para cada variable y los puntos de inflexión de la función. Finalmente, cada una de las variables es modelizada mediante un mapa permitiendo visualizar su comportamiento espacial normalizado.

---

<sup>9</sup> Anexo E

Tabla 1: Criterios de aptitud, tratamiento de variables para normalización.

				Puntos de inflexión					
Variable	Tipo <sup>10</sup>	Exclusión	Función	a	b	c	d	Fuente	Observación
<b>Variables Ambientales</b>									
Basamento geológico	R	Cuenca sedimentaria del oeste	Booleano					C	
Relieve	R / F	- de 1%	Lineal simétrica	1%	5%	+ de 10%		A, C, G	
Nivel freático	R	Suelos hidromórficos	Booleano					C	
Cursos de agua	R / F	-de 200 m	Sigmoidal creciente	200	700	+ de 700		A, B, F	
Planicies de inundación	R / F	-de 200 m	Sigmoidal creciente	200	700	+ de 700			Mismo criterio que para cursos de agua <sup>11</sup>
Río Uruguay	R / F	-de 1000 m	Sigmoidal creciente	1000	1500	+ de 1500		D	
Pozos de agua	R / F	-de 200 m	Sigmoidal creciente	200	700	+ de 700		A	
Acuíferos	R	Cuenca sedimentaria del oeste	Booleano					E	
Montes y humedales	R / F	-de 500 m	Sigmoidal creciente	500	1000	+ de 1000		C, E	
<b>Variables económicas operacionales</b>									
Directrices departamentales	R	Únicamente en Rural productivos.	Booleano					Ley 18.308	
Distancia a zonas urbanas	R / F	-de 1000 m	Sigmoidal creciente	1000	2000	+ de 2000			No existe coincidencia en los autores consultados. <sup>12</sup>
Fertilidad del suelo	F		Valores correlativos: 1, 0,75, 0,5, 0,25	Muy baja, baja	Media	Alta	Muy alta, alta		E
Caminería	R	< 200 m. (Ruta 3, > 500 m)	Booleano	>200				F, G	
Aeródromos	R	- 3000 m.	Booleano					A, E	
<b>Variables sociales</b>									
Núcleos urbanos de baja renta	R / F	-de 1000 m	Sigmoidal creciente	1000	2000	+ de 2000			Mismo criterio que para zonas urbanas

Fuente: elaboración propia en base a; A=Nascimento, 2012; B=Calijuri, 2002; C= MVOTMA, 2003; D=Gobierno Departamental, 2017; E=Vaz, 2012; F= Tshako, 2004; G= Da Silva, 2015.

<sup>10</sup> Restricción =R, Factor=F

<sup>11</sup> Variable sugerida en entrevista con expertos

<sup>12</sup> Se maneja este valor teniendo en cuenta la propuesta de cada uno y la valoración paisagística

## 5.6. Proceso analítico jerárquico

Una de las preocupaciones en una EMC es el riesgo asociado a la decisión de determinar cuál es la importancia relativa de cada una de las variables en relación al resto según el objetivo planteado. Sus combinaciones, la consideración de todas o parte ellas, la forma en cómo unas pueden compensar a otras, son algunas de las complejidades que se presentan.

Debido a ésta importancia relativa junto con las diferentes características propias de cada territorio, es necesario establecer la relación jerárquica entre los valores normalizados adoptados por cada una.

El proceso de análisis jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) desarrollado por Thomas L. Saaty (1980) se destaca como uno de los métodos más promisoros para la toma de decisión. Consiste en la comparación par-a-par de cada variable, pretendiendo disminuir el error asociado al conocimiento limitado por valores, deseos, propósitos, etc. del decisor (Lopes, 2011). Para llevarlo a cabo deben ser establecidos los criterios de comparación para cada variable, y así poder comenzar a ponderar sus distintos pesos (Tabla 2). Posteriormente se realiza la ponderación de forma pareada evaluando el peso relativo de cada una frente a las otras en una matriz simétrica de doble entrada (Figura 12), que permitirá realizar la combinación de las distintas variables ya normalizadas expresadas cada una en un mapa temático (Saaty, 1980).



Tabla 2: Escala de juzgamiento de importancia del método AHP.

Valor	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Los dos criterios contribuyen de forma idéntica para el objetivo
3	Poco más importante	Un factor es ligeramente más importante que el otro
5	Mucho más importante	Un factor es claramente más importante que el otro
7	Bastante más importante	Un factor es fuertemente favorecido y su mayor relevancia fue demostrada en la práctica
9	Extremadamente más importante	La evidencia que diferencia los factores es de mayor orden posible
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Posibilidad de compromisos adicionales

Fuente: Saaty (1980)

Se genera entonces una matriz de  $n \times n$  donde se comparan los valores atribuidos a todos los pares según la escala de juzgamiento presentada en la tabla 2, siendo “n” la cantidad de variables a considerar en el análisis.

Figura 12: Matriz ejemplo de comparación de variables.

C	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>n</sub>
A <sub>1</sub>	1	x	...	y
A <sub>2</sub>	1/x	1	...	z
	⋮	⋮	⋮	⋮
A <sub>n</sub>	1/y	1/z	...	1

Fuente: Saaty (1980)

El decisor (experto) completa la matriz comenzando por la primera línea teniendo claro que la diagonal principal tendrá siempre valor 1, ya que expresa la relación de un elemento consigo mismo. Lo mismo sucede con elementos de igual importancia. Una vez completada la diagonal, en la línea 1 se pregunta ¿cuánto más importante (en función del objetivo) es la contribución del elemento A<sub>1</sub> que el elemento A<sub>2</sub>? (Saaty, 1980).

En cada una de las comparaciones se procura representar la dominancia, o no, del elemento de la línea frente al de la columna. Si el elemento A<sub>1</sub> fuese más importante que el elemento A<sub>2</sub> tendrá valores de 2 a 9. Contrariamente el valor que tendrá A<sub>2</sub> en relación a A<sub>1</sub> será el número inverso, o sea entre 1/2 y 1/9.

La matriz fue enviada a un total de quince expertos, de los cuales respondieron siete, junto con un documento explicativo para realizar el AHP y un diccionario que describe brevemente cada una de las variables.

Las matrices recibidas fueron resumidas en una sola (matriz A) completando cada celda con el promedio obtenido a partir de conjunto de matrices recibidas. Es importante aclarar que la celda (1,2) de la matriz A fue completada con el promedio de los valores de todas las celdas (1,2) de las matrices recibidas. Luego se sumaron todos los valores promedios para cada columna, obteniendo un subtotal para cada una. Y por último se generó una segunda matriz (B) cuyas celdas fueron completadas con el valor obtenido de dividir las celdas de la matriz A por el subtotal obtenido en su correspondiente columna<sup>13</sup>.

Finalmente se calculó el promedio para cada fila de la matriz B, obteniendo el ponderador para cada una de las variables. A modo de verificación del proceso, la suma de todos los ponderadores debe ser igual a 1.

## 5.7. Geoprocesamiento espacial

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG's) son herramientas que permiten la modelización, comprensión y monitoreo del territorio destinados a la adquisición, gestión, análisis y presentación de información georreferenciada. A través de ellos es posible, entre otras cosas, integrar información de diversa naturaleza y también simular

---

<sup>13</sup> Anexo F

escenarios resultantes de determinadas decisiones a nivel de planificación territorial. La diferencia que ofrecen los SIG's respecto a otros sistemas de información es la posibilidad de integrarla a través de sus datos de localización. Poder utilizarla, en diferentes niveles temáticos, permite realizar operaciones de análisis lógico, estadístico y matemático (Vaz, 2012). Los datos son imprescindibles para realizar un buen análisis ya que, sin ellos, estos no tienen ninguna utilidad, existiendo dos grandes tipos de datos: raster y vectorial (Olaya, 2011).

En los datos vectoriales, las variabilidades y características son representadas mediante entidades geométricas discretas de los elementos más destacados de dicho espacio y son de tres tipos: punto, línea y polígonos. Mientras que los datos raster, se caracterizan por representar una zona de estudio que se divide sistemáticamente en una serie de unidades mínimas (celdas o píxeles), y para cada una de estas se obtiene la información que la describe, respecto a lo que se pretende representar. Siendo este el modelo más apropiado para la modelación de variables continuas, por tal motivo es el modelo utilizado para el desarrollo de este trabajo.

El análisis espacial comprende un conjunto de técnicas que combinan diferentes tipos de información donde se investigan determinados

números de alternativas, considerando los diversos criterios en cuestión. Mediante un SIG es posible elaborar los mapas temáticos que son considerados como datos y no simplemente como formas de comunicación dándole forma numérica al espacio, al asociar a cada localización, un valor que representa la variable estudiada (Lopes, 2011).

Para el análisis de la información espacial se utilizó el software Qgis Bonn<sup>14</sup>, y mediante la librería GDAL fueron gestionados los archivos de formato raster. También las herramientas Rasterize, Fuzzify y Reclassify values de SAGA.

## 5.8. Regionalización-Suma lineal ponderada

La combinación del proceso de normalización de las variables, junto con la obtención de cada uno de los valores de ponderación, los cuales son traducidos en mapas temáticos, se realizará mediante la Suma Lineal Ponderada (SLP). Obteniendo el nivel de adecuación de cada alternativa calculado mediante la suma de cada criterio (mapa) multiplicado por el valor del peso relativo de cada uno (ecuación 5). Siendo uno de los procedimientos de EMC más comúnmente empleado para la obtención de

---

<sup>14</sup> Software disponible de manera gratuita en: <https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/index.html>

mapas de aptitud fácilmente utilizable en el modelo SIG raster (Da Silva, 2015).

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij} \quad (\text{ecuación 5})$$

donde:

$r_i$  es el nivel de adecuación de la alternativa  $i$

$w_j$  es el peso del criterio  $j$

$v_{ij}$  es el valor ponderado de la alternativa  $i$  en el criterio  $j$

Resumidamente, se genera un mapa raster por cada una de las variables donde cada pixel representa un valor normalizado y multiplicado por su ponderación. Siendo imperiosamente necesario que el tamaño de cada uno de los pixeles de todos los mapas sea idéntico y además coincidentes en su localización, de manera tal que al superponerlos todos coincidan. Luego se sumarán los mapas obteniendo un indicador que permitirá diferenciar áreas preliminares con potencial para la instalación de un RS, transitando desde las menos aptas hasta las más aptas según los extremos del intervalo alcanzado.

## 5.9. Validación de las zonas con aptitud para la localización del RS

Una vez identificadas las áreas preliminares con aptitud fueron contrastadas con imágenes satelitales utilizando el software Google Earth® con el objetivo de identificar posibles estructuras o características específicas no representadas en el modelo. Posteriormente se consultó al Jefe de la Oficina de la Intendencia de Salto en Montevideo<sup>15</sup>, con el fin de verificar los resultados obtenidos y de realizar un primer ajuste de los mismos.

Esto permitirá al GD acotar la búsqueda de posibles áreas que deberán ser evaluadas en primer lugar, desde el punto de vista económico, atendiendo a los detalles de la gestión que exceden este trabajo. Y, en segundo lugar, una vez superada esta etapa, realizar en las zonas escogidas, una serie de análisis que permitan conocer las características geofísicas en procura de disminuir los riesgos de contaminación tras la instalación y posterior clausura.

---

<sup>15</sup> Si bien no se desconoce que la validación en campo sería la mejor opción, se consultó a dicho funcionario debido a que presenta un conocimiento y experiencia del área de estudio analizada, siendo un mecanismo más acorde a los objetivos y recursos económicos planteados en el trabajo

## 6. Resultados

### 6.1. Área potencial para la localización

Conociendo el volumen de residuos a depositar es posible estimar el área total de instalación teniendo en cuenta la caminería interna y demás estructuras para su tratamiento. Su cálculo depende de predecir la tendencia demográfica de la población para los años de vida útil del RS. En este caso se ha obtenido mediante una regresión lineal de segundo orden cuyo  $R^2$  alcanza el valor de 0.9944, lo que permite afirmar que el modelo es lo suficientemente ajustado.

Sabiendo esto es posible estimar la cantidad de residuos a futuro en 439.671,6 toneladas, correspondiente a un volumen de  $415.489,7\text{m}^3$  aproximadamente (Tabla 3). A partir de estos datos y considerando la altura de la cortina vegetal, se propone como altura máxima del RS 40 metros, en donde el área a ocupar debiera ser de  $31.162\text{m}^2$ . Por lo tanto, el perímetro de la base de la pirámide teórica corresponde a 180 metros, siendo esta la primera camada a partir de la cual se calculan las dimensiones de las siguientes tanto en área como en volumen (Tabla 4). Y el total teórico a acumular será de  $564.000\text{m}^3$  de residuos, lo que supera el cálculo estimado de producción.

Finalmente, al considerar el espacio correspondiente al funcionamiento del RS, el área total debería ser de 4 hectáreas, a sabiendas de que los valores de densidad podrían diferir y que podría generarse un desvío de



residuos reciclables lo que afectaría a la baja el área a ocupar.  
Recordando que dicho valor representa el mínimo a partir del cual se  
comenzará la búsqueda de padrones en las zonas obtenidas.

Tabla 3: Cálculo de volumen total de residuos del período 2018-2030.

Año	Población (INE)	Peso de residuos generados por día en ton. (población x 0,0008)	Volumen de residuos compactado diario en m <sup>3</sup> (peso de residuos diario x 0,7)	Peso de residuos generados anualmente en ton. (población x 0,0008 x 365,25)	Volumen de residuos por año en m <sup>3</sup> (vol diario x 365,25)	Volumen total anual en m <sup>3</sup> (Volumen anual + cobertura 35%)
2018	111.989	89,6	62,7	32.723,2	22.906,2	30.923,4
2019	112.628	90,1	63,1	32.910,0	23.036,9	31.099,9
2020	113.246	90,6	63,4	33.090,5	23.163,3	31.270,5
2021	113.843	91,1	63,8	33.264,9	23.285,4	31.435,3
2022	114.419	91,5	64,1	33.433,2	23.403,2	31.594,4
2023	114.973	92,0	64,4	33.595,1	23.516,6	31.747,4
2024	115.503	92,4	64,7	33.750,0	23.625,0	31.893,7
2025	116.009	92,8	65,0	33.898,0	23.728,5	32.033,4
2026	117.077	93,7	65,56	34.210,0	23.947,0	32.328,4
2027	117.747	94,2	66,0	34.405,7	24.084,0	32.513,4
2028	118.417	94,7	66,3	34.601,4	24.221,0	32.698,4
2029	119.087	95,3	66,7	34.797,2	24.358,0	32.883,4
2030	119.756	95,8	67,1	34.992,7	24.494,9	33.068,1
<b>Total</b>				439.671,6	307.770,1	415.489,7

Fuente: Para el período 2018-2025 (INE, 2013). Del período 2025-2030 (Elaboración propia).

Tabla 4: Relación de tamaño del RS en m<sup>2</sup> con el volumen en m<sup>3</sup> por camada<sup>16</sup>.

Camada	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	170	289000
2	130	169000
3	90	81000
4	50	25000
Total		564000

Fuente: Elaboración propia.

## 6.2. Evaluación de las variables por parte de los expertos consultados, validación, sugerencias, comentarios.

Una vez calculada el área mínima de ocupación se deben conocer las variables que fundamentarán la aptitud de distintas zonas dentro del área de estudio. Para ello se realizaron entrevistas con expertos cuyo resultado de validación es el siguiente:

Criterios biofísicos:

- Referente al basamento geológico, se sugiere no contemplar el área comprendida por la cuenca sedimentaria del oeste.
- Distancia al nivel freático: el conocimiento real de este dato es dado a

<sup>16</sup> El cálculo fue realizado a partir de 170 m<sup>2</sup>, debido a la forma de pirámide truncada de las camadas.

partir de estudios en geofísicos en campo, igualmente a partir de Brazeiro *et al.* (2015) se decidió trabajar con las áreas identificadas con ausencia de napa freática.

- Relieve y declividad del terreno fue tratado tal como se presenta en la tabla 1.
- Teniendo en cuenta lo sugerido para el basamento geológico, se propone que la variable “características del suelo” sea tratada a partir de su fertilidad.
- Se establece que las variables de precipitación, temperatura y vientos, no sean consideradas, en el entendido de que las mismas no presentan importantes variaciones dentro del área de estudio.
- En lo que respecta a la proximidad de cursos de agua se sugiere tener en cuenta las planicies aluviales a la hora de evaluar la proximidad a los mismos.
- Sobre los pozos de agua se sugiere identificar aquellos que son para riego de los que son para consumo humano.
- Para las unidades de conservación se debe considerar la presencia de monte nativo y otros ecosistemas sensibles presentes en el área como la presencia de humedales.
- En referencia a usos y coberturas de suelo no se recomienda aquellos identificados como agrícolas teniendo especial atención a las plantaciones cítricas.

#### Criterios económicos y operacionales:

- Distancias a áreas urbanas, vías de acceso y proximidad a aeropuertos fueron validadas. Así como la importancia del cálculo del área mínima de ocupación, aclarando que al momento de la entrevista no había sido calculada.
- Se considera que las variables relativas al costo de construcción, sistema de drenaje forman parte de la instalación independientemente de su localización por lo tanto no fueron consideradas.
- En cuanto a la disponibilidad de material de cobertura, atendiendo lo planteado sobre el basamento geológico, las áreas con aptitud serán sobre la cuesta basáltica. Lo que conlleva a una homogeneidad relativa, por lo que hará necesario el traslado del mismo, no siendo contemplado es esta etapa. Aun así, se considera un elemento importante que debe ser considerado a la hora de la gestión ya que representa un costo operativo relevante.
- Se destaca como sugerencia, la importancia de evaluar los precios de la tierra. Debido a que los suelos son poco profundos y poco productivos, se considera que la principal variable en el costo de adquisición es el tamaño del predio y su ubicación relativa. Por tal motivo se considera que es un análisis que excede este trabajo ya que implica contemplar variables de índole económico no correspondiente a este estudio.

Criterios sociales:

- Tanto el control de enfermedades como la presencia de mal olor forman parte de los objetivos de mitigación que atiende la tecnología del RS y por otro lado son las razones por las cuales se establece la distancia a centros urbanos y se prohíbe el ingreso de personas al RS.
- Fue sugerido tener en consideración la afectación al paisaje, por lo tanto, una vez obtenidas las zonas aptas se le presentó el resultado a un informante calificado del GD que tuvo en cuenta la posible visibilidad del RS. Por otro lado, y de manera paliativa se sugiere la necesidad de la existencia de una cortina vegetal de árboles de rápido crecimiento.

Una vez hechas las aprobaciones y sugerencias se procedió a procurar la información espacial necesaria accediendo a datos secundarios provenientes de diferentes sectores del Estado (Tabla 5).

Tabla 5: Fuentes de información.

Shape file	Tipo	Fuente
Límites departamentales	Vectorial	MVOTMA-Observatorio ambiental-Geoportal
Categorización de suelos	Vectorial	MVOTMA-Sistema de Información Territorial
Basamento geológico	Vectorial	Facultad de Ciencias, CIEDUR, Vida Silvestre, SZU.
Presencia de napa freática	Vectorial	Facultad de Ciencias, CIEDUR, Vida Silvestre, SZU.
Modelo digital de terreno	Raster	MGAP-Biblioteca digital
Fertilidad del suelo	Vectorial	Facultad de Ciencias, CIEDUR, Vida Silvestre, SZU.
Cursos de agua	Vectorial	MVOTMA-Observatorio ambiental-Geoportal
Monte nativo	Vectorial	Facultad de Ciencias, CIEDUR, Vida Silvestre, SZU.
Humedales	Vectorial	Facultad de Ciencias, CIEDUR, Vida Silvestre, SZU.
Zonas inundables	Vectorial	Facultad de Ciencias, CIEDUR, Vida Silvestre, SZU.
Localidades	Vectorial	MVOTMA-Observatorio ambiental-Geoportal
Caminería	Vectorial	MTOP-Geoportal
Aeropuertos	Vectorial	MTOP-Geoportal
Tomas de agua OSE	Vectorial	MVOTMA-Observatorio ambiental-Geoportal
Localidades	Vectorial	MVOTMA-Observatorio ambiental-Geoportal
Padrones	Vectorial	MVOTMA-Observatorio ambiental-Geoportal
Áreas urbanas de baja renta	Vectorial	MIDES-Dirección nacional de evaluación y monitoreo

Fuente: Elaboración propia

### 6.3. Áreas obtenidas a partir de la normalización de las variables validadas

Luego de identificadas y validadas se procedió a mapear el comportamiento espacial normalizado en un mapa individual para cada una, según fueran consideradas del tipo restrictivo o difuso. En las tablas 6 y 7 se presentan las áreas resultantes de los procesos individuales para cada una.

Tabla 6: Área de exclusión correspondiente a variables del tipo restrictivo.

<b>Variables Ambientales</b>			
<b>Variable</b>	<b>Condición de aceptación</b>	<b>Área con aptitud (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% del área total</b>
Basamento geológico	Cuenca sedimentaria del oeste	97,445	20,34
Acuíferos	Cuenca sedimentaria del oeste	97,445	20,34
Planicies de inundación		37,8	7,89
<b>Variables económicas operacionales</b>			
Directrices departamentales	≠Rural productivo	375,128	78,32
Aeródromos	>3000 metros	7,07	1,5
Caminería	<200 metros	150,57	31,43
Ruta 3	>500 metros	450,02	93,95

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 7: Áreas correspondiente según variables del tipo factor.

<b>Variables biofísicas</b>						
	Condiciones (Áreas parciales km <sup>2</sup> )					
Relieve	-1%	Entre 1 y 5%	Entre 5 y 10%	+ de 10%	Área con aptitud (km <sup>2</sup> )	%
	141,1	285,8	41,1	2,8		
Cursos de agua	<200m	Entre 200 y 700 m	>700			
	78,92	178,08	222,01			
Río Uruguay	<1000 m	Entre 1000 y 1500 m	>1500 m			
	44,01	19,7	415,3			
Pozos de agua de OSE	<200	Entre 700 y 1500	+ de 700			
	0,25	35,6	442,5			
Montes y humedales	<500 m	Entre 500 y 1000 m	>1000m			
	126,06	90,61	215,67			
<b>Variables económicas operacionales</b>						
	Condiciones (Áreas parciales)				Área total (km <sup>2</sup> )	%
Distancia a zonas urbanas	-1000 m	Entre 1000 y 2000 m	>2000			
	38,28	46,5	375,73			422,23
Fertilidad de suelos	Muy baja, baja	Media	Alta	Muy alta, alta		
	175,53	59,7	106,7	136,53		
<b>Variables sociales</b>						
	Condiciones (Áreas parciales)				Área total (km <sup>2</sup> )	%
Distancia a núcleos urbanos de baja renta	-1000	Entre 1000 y 2000 m	>2000			
	47,6	67,3	365,4			

Fuente: Elaboración propia.

## 6.4. Valores correspondientes al proceso de ponderación de las variables

Una vez identificadas las variables y mapeados sus comportamientos individuales se continuó con la ponderación de cada una mediante una consulta vía correo electrónico a expertos en diferentes áreas de conocimiento. Vale la pena mencionar que aquellas variables identificadas como restrictivas no fueron puestas a evaluación para su ponderación, por lo tanto, las variables ponderadas por los expertos fueron: 7 de la dimensión biofísica, 3 de la dimensión económica operacional y 1 de la dimensión social (Tabla 8). Estas cantidades ya da la idea de la preponderancia que se ha dado a las variables biofísicas en el análisis.

Tabla 8: Ponderadores para cada criterio.

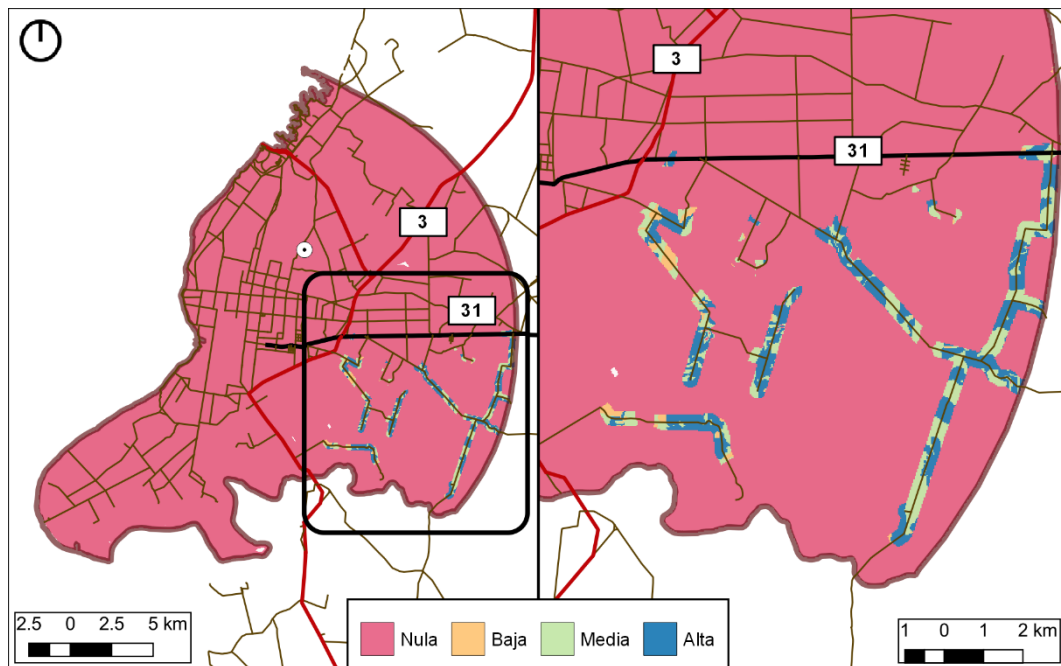
<b>Criterio</b>	<b>Ponderador</b>
<b>Variables biofísicas</b>	
Basamento geológico	0,20
Distancia al nivel freático	0,16
Relieve	0,13
Tipo de suelo	0,10
Proximidad a cursos de agua	0,10
Proximidad a pozos de agua subterránea	0,09
Montes y humedales	0,06
<b>Variables económicas operacionales</b>	
Usos de suelo	0,05
Distancia a áreas urbanas	0,04
Proximidad a aeródromos	0,02
<b>Variable social</b>	
Núcleos urbanos de baja renta	0,04

Fuente: Elaboración propia.

## 6.5. Zonas con aptitud para localizar un RS

El índice teórico representa un gradiente entre 0 (aptitud nula) y 1 (aptitud óptima), para el área de estudio fue posible obtener como valor máximo 0,6. A partir de estos datos fueron obtenidos mediante la división en intervalos iguales del rango obtenido tres categorías de aptitud. El área con aptitud nula (índice = 0) abarca el 96,18 % del área de estudio, mientras que con aptitud baja ( $0 < \text{índice} \leq 0,2$ ) conforma el 0,15 %, la que presenta aptitud media ( $0,21 < \text{índice} \leq 0,4$ ) representa el 1,08 %, y finalmente el área de alta aptitud ( $0,41 < \text{índice} \leq 0,6$ ) abarca un 1,4 % (Tabla 9). A partir de un análisis visual su distribución se observa que se ubican en la zona limitada al norte por la ruta 31 y al oeste por la ruta 3, localizándose al sur-este del área de estudio (Figura 13).

Figura 13: Aptitud potencial para la instalación de un relleno sanitario.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Áreas y porcentajes según rango de aptitudes para la instalación de un relleno sanitario.

Valor del intervalo	Área km <sup>2</sup>	Porcentaje	Categoría
0	460.7	96,18	Nula
0 < x ≤ 0,2	0,71	0,15	Baja
0,21 < x ≤ 0,4	5,175	1,08	Media
0,41 < x ≤ 0,6	6,82	1,4	Alta

Fuente: Elaboración propia.

## 6.6. Validación de los datos obtenidos

Durante la entrevista con el Jefe de la Oficina de la Intendencia de Salto en Montevideo, se diferenciaron cinco zonas de las áreas con potencial para facilitar su análisis (Figura 14). De esta manera se lograron identificar estructuras tanto industriales como agropecuarias no contempladas en las variables propuesta en el modelo.

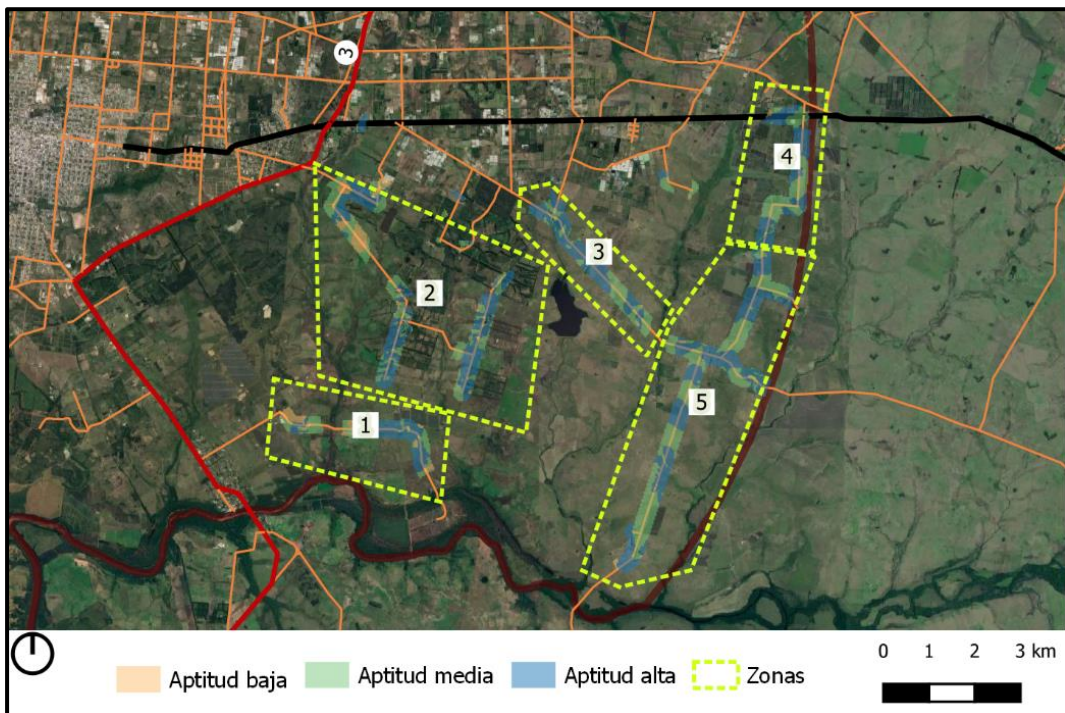


Figura 14: Zonas delimitadas para el análisis.

Fuente: Elaboración propia a partir de la entrevista.

Zona 1:

Considerando el planteo respecto a la inclusión de la categoría paisaje, se entendió que la cercanía con los complejos hoteleros de las Termas del Daymán no era conveniente debido a plausibles conflictos sociales. Por lo que se consideró un área no apta.

Zona 2:

Descartada debido a que fueron identificadas estructuras y cultivos asociados a actividad agropecuaria.

Zona 3:

Se identifica un reservorio artificial de agua destinado a riego (MVOTMA, 2019) hacia el lado sur del camino por lo que de cierta manera se descarta dicho sector. Sin embargo, sobre el lado norte y avanzando desde la ciudad hacia el sureste es identificada un área de producción ganadera que presenta características de mayor aprobación.

Zona 4:

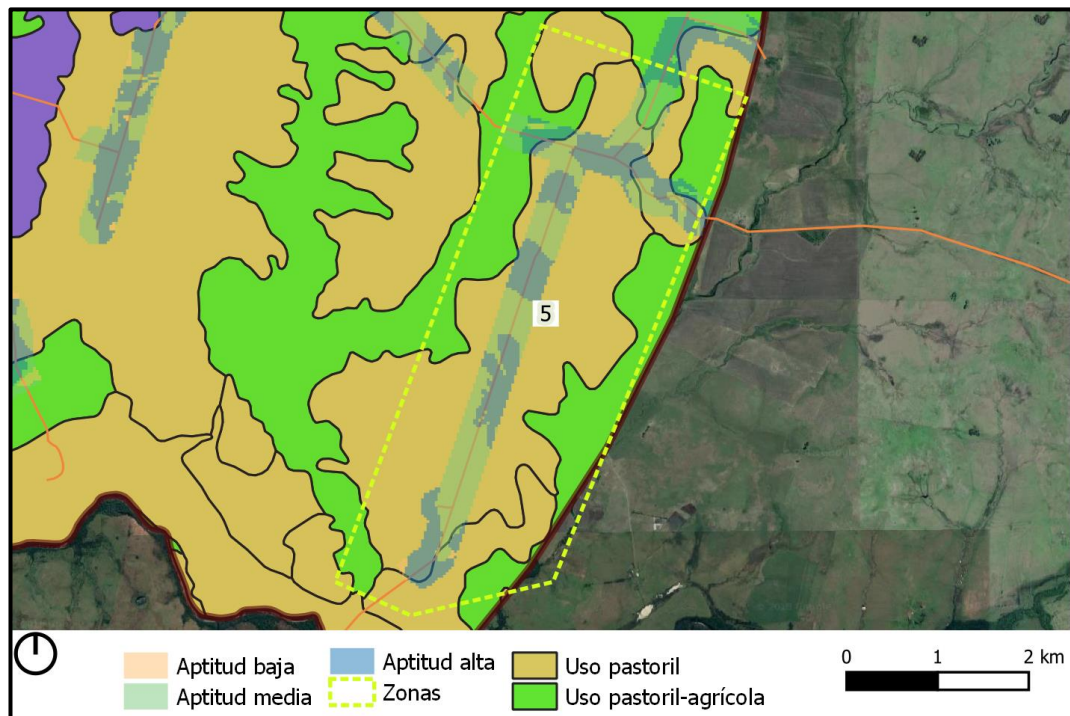
Se descarta debido a la presencia de cultivos citrícolas.

Zona 5:

Es la zona que presenta mayor aprobación debido a que su uso de suelo es mayormente utilizado para ganadería extensiva y es posible acceder a través de dos vías, siendo suelos poco profundos y de baja fertilidad

(Figura 15). Sin embargo, en contrapartida es la zona más alejada y el estado de los caminos no es acorde al posible traslado de residuos.

Figura 15: Usos de suelo predominantes en la zona 5.



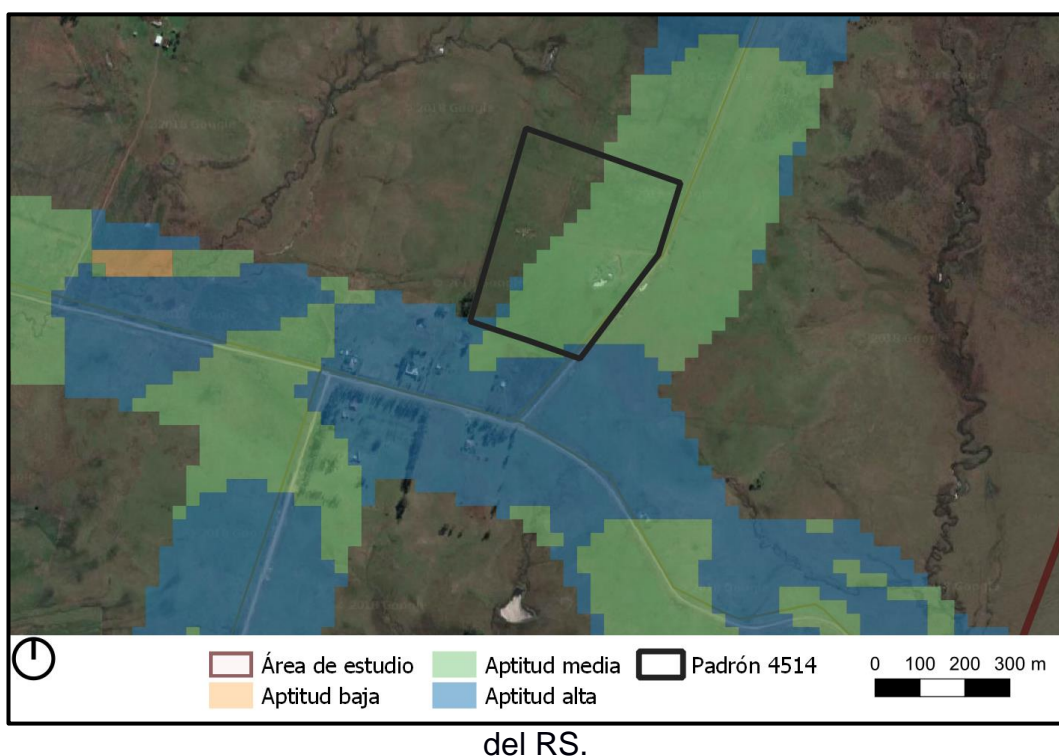
Fuente: Elaboración propia en base Brazeiro *et al.* (2015)

A partir de lo obtenido se procedió a filtrar los padrones, aumentando el área a partir del mínimo ya presentado (4ha), hasta encontrar un padrón que cumpliera con los requisitos planteados. Esta decisión se sostiene en el entendido de que, a pesar de haber determinado el área necesaria mínima en función de los datos estimados de crecimiento poblacional, se entiende que la inversión necesaria para una estructura de este tipo se calcula para un período mínimo de 20 años (Nascimento, 2012, Vaz,

2012). También se considera que los valores de los diferentes padrones dependerán mayormente de su área ya que se observa una relativa homogeneidad desde el punto de vista productivo.

En este marco únicamente es posible destacar un único padrón de 13 ha. cuya potencialidad es media-alta que presenta buena accesibilidad en el que no se observa actividad agrícola, pero si ganadera, sin embargo, es cercano a un grupo de viviendas conocidas como La Bolsa (Figura 16).

Figura 16: Padrón 4514 y su correspondiente aptitud para la instalación



Fuente: MEF, DNC (2018). Elaboración propia.



Debido a la posibilidad de conflictos sociales frente a la instalación de un RS en cualquiera de las zonas preliminares obtenidas es esperable, en este sentido es conveniente en etapas posteriores realizar un trabajo junto a los vecinos de manera explicativa acerca de la tecnología que implica un RS versus un vertedero a cielo abierto.

## **7. Discusión**

Los resultados obtenidos pretenden ser una guía para facilitar las decisiones vinculadas a determinar la mejor localización para un RS. Las zonas resultantes fueron alcanzadas a partir de información disponible en diferentes organismos del Estado, cuyas características se consideran lo suficientemente acertadas como para obtener resultados de calidad. Aún en los casos que fueron descartados durante la verificación entendiendo que la causa de ello fue a partir de criterios no comprendidos en la etapa de la SLP. Se debe destacar por un lado la existencia y disponibilidad de la información y su accesibilidad y por otro, la necesidad de metadatos que permitan conocer los estados de actualización, escalas y demás detalles que permitan tener un manejo más adecuado.

En lo que respecta a los datos relacionados a la proyección demográfica y de consumo representan un insumo fundamental para la determinación del área a utilizar. Ya que el resultado obtenido se ajusta a los mismos y representa el mínimo de área necesaria para la instalación. Establecer una relación que permita especular con la cantidad de hectáreas

necesarias para cubrir lo que la bibliografía sugiere (20 años) representa una dificultad difícil de superar sin datos de calidad. Debido a que la generación de residuos puede no acompañar las proyecciones demográficas, ya sea aumentando, por un incremento en el consumo per se o en el estilo del mismo traducido en mayor generación de residuos. O por su reducción ya sea por disminución en el consumo o por una modificación tecnológica en los envases etc. o en las tecnologías de revalorización o simplemente por cuestiones económicas, entre otras.

El marco teórico utilizado junto con la metodología implementada representa un tándem capaz de abordar temáticas complejas como las planteadas en el estudio realizado. Ya que presenta la suficiente amplitud como para abordar cualquier tema vinculado al ordenamiento territorial y paralelamente permite ser específico según sean las necesidades, además de permitir un abordaje multidisciplinar de la temática abordada. Esta característica implica que dependiendo de las disciplinas involucradas a través de los expertos consultados proporcionará distintas ponderaciones que serán determinantes y pueden modificar los resultados obtenidos.

En cuanto a las variables utilizadas, se destaca que la mayor incidencia en el resultado obtenido la tienen las vinculadas a la dimensión biofísica algo que marca su importancia para la resolución del problema planteado. Ejerciendo, en esta etapa, cierta atracción hacia ese sector del tetraedro que modela el sistema ambiental. Esta incidencia no solo es en cantidad

de variables sino en el valor relativo de ponderación que cada una de ellas presenta frente al resto, de esta manera se fortalece la incidencia de dicha dimensión en la toma de decisión.

El hecho de haber encontrado que la mayor proporción de áreas con aptitud para la instalación de un RS fueron nulas, deriva en parte por la exigencia del planteo inicial ya que se pretende encontrar la mejor área para la instalación, sin desconocer la existencia de tecnología que permitiría la instalación de un RS en sitios menos apropiados. En esta línea el criterio utilizado para la influencia de el basamento geológico (ausencia de napa freática), marca un límite determinante contradiciendo lo propuesto por Montaña (1999). Estando el depósito actual en el área de nula aptitud lo que consolida la importancia de los motivos por los cuales se ha realizado este estudio.

En otro sentido, el rango obtenido, entre 0 y 0,6, a nivel comparativo con lo que sería la situación óptima (1) deriva de la exigencia planteada en el objetivo, la que fue posible alcanzar gracias a la disponibilidad de los datos espaciales de las variables seleccionadas y a disponibilidad de espacios que nuestro país presenta para instalar un RS. Aun así, la baja cantidad de hectáreas obtenidas con aptitud, marca las dificultades existentes para determinar la mejor localización. Algo que quedó más en evidencia a la hora de la validación, ya que los aportes recibidos en la entrevista acotaron aún más las posibilidades de elección. Por un lado, eso resulta positivo porque permite identificar con mayor certeza el área

con mejores características, pero por otro lado acota las opciones que este estudio pretende brindar para las siguientes instancias de elección. Durante la verificación de los resultados se tuvo en cuenta la recomendación de considerar el paisaje y de evitar posibles conflictos con la población tanto en actividades relacionadas con el turismo (zona 1) como con la producción hortifrutícola que rodea la ciudad (zona 2, 3 y 4). Y de la gestión económica al plantear la lejanía relativa que presenta la zona 5 además del mal estado de la caminería. En este sentido, dicha lejanía es relativa debido a que considerar áreas más cercanas que no cumplan con los criterios establecidos podría implicar costos ambientales y sociales no cuantificados frente a tal decisión.

En este momento es importante mencionar que se entiende que se podría haber complementado de una mejor manera el proceso de verificación mediante un recorrido por las zonas obtenidas. Pero debido a dificultades económicas no fue posible, a pesar de ello se entiende que en la entrevista se obtuvo información que no hubiera sido posible acceder mediante una salida de campo, considerando ambas metodologías como complementarias.

Finalmente, vale mencionar que existen variables propias de la gestión (económicas, logísticas, etc.) cuyo peso relativo puede ser evaluado en otras instancias, recordemos que el resultado final respecto a la determinación de la mejor opción de localización es un trabajo de

profunda interdisciplina, sin olvidar que en la decisión final tiene un gran peso el componente político.

## **8. Conclusiones**

Para abordar tal complejidad fue necesario acudir a la conjunción de un marco teórico acorde, basado principalmente en la conceptualización del sistema ambiental, junto con las herramientas de gestión que brinda la propuesta de ordenamiento ambiental del territorio, en combinación con los aspectos metodológicos de la interacción entre la EMC y el SIG, lo que permitió dar respuesta a la problemática planteada desde una perspectiva geográfica. Fue posible alcanzar el objetivo propuesto brindando un insumo para el departamento de Salto que orienta la toma de decisiones, obteniendo una propuesta orientada a resolver una problemática planteada a nivel local, pero que se enmarca a nivel nacional y mundial.

En este sentido se considera importante destacar que la propuesta de marco teórico utilizado, así como la metodología planteada representan un tándem con gran potencialidad para la planificación territorial. Por un lado, la EMC brinda la plasticidad de modificar los parámetros de búsqueda y las exigencias y el OAT enmarca dicho proceso no permitiendo que una de las dimensiones adquiriera una notoria mayor relevancia que las otras. De esta manera la propuesta realizada en este trabajo puede ser trasladada a cualquier parte del país y puede ser utilizada para cualquier otra decisión de índole territorial.

El trabajo realizado y los resultados obtenidos representan una forma concreta de anticiparse a una problemática existente y en permanente aumento, siendo una herramienta potente para la toma de decisiones fundamentadas en una metodología y marco teórico perdurable, trasladable y adaptable a cualquier necesidad de gestión territorial.

En definitiva, la tesis permitió elaborar un trabajo que contribuye de manera directa a resolver un problema concreto de actualidad y necesidad inmediata que además está en concordancia con la estrategia territorial planteada por el GD que es a quien corresponde la decisión final.

## 9. Bibliografía

Achkar M. (2005) Indicadores de sustentabilidad. En Ordenamiento ambiental del territorio. Laboratorio de desarrollo sustentable y gestión ambiental del territorio-Departamento de geografía. Facultad de ciencias. Universidad de la República. Montevideo. Uruguay. 55-70

Banco Mundial (2018), What a Waste 2.0, A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, EUA.

Banco Mundial (2017), Población urbana, Estimaciones de personal del Banco Mundial sobre la base de las Perspectivas de la urbanización mundial de las Naciones Unidas. Disponible en:<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL?locations=UY>. EUA (Consultado el 12/04/2018).

Banquet P. (2018), El arroyo que se volvió un mar de dudas. Diario El país, 26 de agosto de 2018, suplemento Que pasa. Disponible en: <https://www.elpais.com.uy/que-pasa/arroyo-volvio-mar-dudas.html> (Consultado el 23/09/2018).

Brazeiro A., *et al.* (2015). Bases para la Planificación Eco-regional de Uruguay. [base de datos disponible en CD-ROM] [agosto 2018] Montevideo: Facultad de Ciencias, CIEDUR, Vida Silvestre, SZU.



- Calijuri M., Oliviera A., Ferreira J. (2002), Identificação de Áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de Desiçãõ. Univesidade Federal de Viçosa.Minas Gerais. Brasil.
- Cantón V. (2000) La evaluación de impacto ambiental en la gestión sostenible del territorio uruguayo. En Perfil ambiental del Uruguay 2000. Coord. Domínguez, A., R. Prieto. Ed. Nordan Comunidad. Montevideo. 179-189
- Cayssials R. (2005) Ordenamiento ambiental del territorio. En Ordenamiento ambiental del territorio. Laboratorio de desarrollo sustentable y gestión ambiental del territorio-Departamento de geografía. Facultada de ciencias. Universidad de la República. Montevideo. Uruguay. 71-80
- Cempre Uruguay (1998), Residuos Sólidos Urbanos-Manual de gestión integral. Edición adaptada por Cempre Uruguay. Montevideo, Uruguay.
- Cuberos L. (2018), Vecinos denuncian que licitación para la instalación de un megabasurero a metros del arroyo Solís Chico es “fraudulenta”. Semanario Brecha, 27 de diciembre de 2018. Disponible en: <https://www.búsqueda.com.uy/nota/vecinos-denuncian-que-licitacion-para-la-instalacion-de-un-megabasurero-metros-del-arroyo-solis> (Consultado el 09/01/2019).

Da Silva, C. J. y Cardozo, O. D. (2015): Evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso del suelo residencial en Resistencia (Argentina). GeoFocus (Artículos), nº 16, p. 23-40. ISSN: 1578-5157. Grupo de tecnologías de la información geográficas, Asociación de geógrafos de España. España

Díaz, I., Mello A., Salhi M., Spinetti M., Besonart M., Achkar M. (2015) Integración SIG-EMC-Análisis de agrupamiento como herramienta para la regionalización acuícola en Uruguay. Revista Geográfica de Valparaíso. nº 52, pp 14-27. Valparaíso, Chile.

Dirección general impositiva (2018) Valores catastrales e Índices CONEAT (MGAP). Disponible en [https://www.dgi.gub.uy/wdgi/page?2,impuesto\\_primaria,ampliacion-1702,O,es,0,PAG;CONC;1765;3;D;valores-catastrales-e-indices-coneat-mgap-34032;2;PAG](https://www.dgi.gub.uy/wdgi/page?2,impuesto_primaria,ampliacion-1702,O,es,0,PAG;CONC;1765;3;D;valores-catastrales-e-indices-coneat-mgap-34032;2;PAG); (Consultado el 14/03/2019). Uruguay.

Evia G. y E. Gudynas. (2000). Ecología del paisaje del Uruguay. Aportes para la conservación de la diversidad biológica. MVOTMA, AECI. Sevilla, España.

Gazzano, I. y M. Achkar. (2013). La necesidad de redefinir ambiente en el debate científico actual. Revista Gestión y Ambiente 16 (3): 7-15. Universidad nacional de Colombia. Colombia.

Instituto nacional de estadística (2011), Series históricas, Revisión 2013, Población por región sexo y edad, 1996-2025. Disponible en: <http://www.ine.gub.uy/censos-1852-2011> (Consultado el 28/09/2018). Uruguay.

Instituto nacional de estadística (2013), Censo 2011, Número de hogares particulares, población en hogares particulares por sexo, según área y localidad. Disponible en: <http://www.ine.gub.uy/censos-1852-2011> (Consultado el 22/09/2018). Uruguay.

Intendencia de Cerro Largo, (2016). Gestión integral de residuos sólidos urbanos en el Departamento de Cerro Largo. Cerro largo, Uruguay. Disponible en: <http://www.mvotma.gub.uy/ambiente-territorio-y-agua/item/10003538-intendencia-de-cerro-largo-relleno-sanitario.html> (Consultado el 30/12/2018).

Intendencia de Colonia, Sigmaplus SRL (2015). Proyecto y construcción del Relleno Sanitario del departamento de Colonia. Intendencia de Colonia. Colonia, Uruguay.

Intendencia de Salto, (2014), Puesta de Manifiesto, Plan local de la ciudad de Salto y su Microrregión. MVOTMA. Salto, Uruguay. Disponible en: <https://www.mvotma.gub.uy/component/k2/item/10011482-plan-local-ciudad-de-salto-y-microrregion-ganador-de-instrumentos-ordenamiento-territorial> (Consultado el 25/01/2019)

Intendencia de Salto, (2018). "DINAMA y MIDES elaboran Plan de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos". Salto, Uruguay. Disponible en: <https://www.salto.gub.uy/acerca-de-salto/noticias/item/3876-intendencia-de-salto-dinama-y-mides-elaboran-plan-de-gestion-de-residuos-solidos-urbanos> . (Consultado el 22/10/2018).

Intendencia de Salto, (2018). Licitación abreviada para la "Contratación de consultoría para el proyecto: plan de gestión y disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Salto". Salto, Uruguay. Disponible en: <https://www.salto.gub.uy/menu-emprendedores-y-negocios/licitaciones/item/3990-licitacion-abreviada-para-la-contratacion-de-consultoria-para-el-proyecto-plan-de-gestion-y-disposicion-final-de-residuos-solidos-de-la-ciudad-de-salto> (Consultada el 22/10/2018).

Intendencia de Rivera, (2018). Pliego de condiciones particulares para la licitación pública N° 04/2018. Llamado a prestación de servicio de Diseño, Construcción y Operación de un nuevo Sitio de Disposición Final y obras accesorias para los Residuos Sólidos Urbanos del Departamento de Rivera. Rivera, Uruguay. Disponible en: <https://www.rivera.gub.uy/portal/licitacion-publica-04-2018-servicio-de-diseno-construccion-y-operacion-para-residuos-solidos-urbanos/> (Consultado el 30/12/2018)

Intendencia de Rocha, (2018) “Proyecto: Relleno Sanitario para el departamento de Rocha”. MVOTMA. Rocha, Uruguay. Disponible en <http://www.mvotma.gub.uy/participacion-ciudadana-ambiente/manifiestos-de-ambiente/item/10012019-manifiesto-intendencia-de-rocha-relleno-sanitario>.(Consultado el 25/01/2019)

Intendencia de Río negro, (2017). Licitación pública 1/2017, Relleno sanitario de residuos sólidos en la ciudad de Fray Bentos, departamento de Río Negro. Operación y mantenimiento. Río Negro, Uruguay. Disponible en: <http://comprasestatales.gub.uy/consultas/detalle/id/579441> (Consultado el 30/12/2018)

Lopes, M. (2011) Identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no distrito de floresta do sulem Presidente Prudente. Universidade Estadual Paulista. São Paulo.

López F. (2018), Coeficiente de determinación (R cuadrado), disponible en:<https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determincon.html>. (Consultado 23/02/2019)

López M., Anido C., Borzacconi L., (2000). Metodología para la localización de un relleno sanitario y su aplicación para una ciudad del Uruguay. XXVII. Congreso AIDIS. Porto Alegre, Brasil.

Ministerio de economía y finanzas, Dirección General Impositiva, (2018).  
Valores catastrales e índice CONEAT (MGAP). Montevideo,  
Uruguay.

Ministerio de ganadería agricultura y pesca, Dirección General de  
Recursos Naturales, (1976). Carta de reconocimiento de suelos.  
Disponible en: [http://www.mgap.gub.uy/unidad-  
organizativa/direccion-general-de-recursos-naturales/tramites-y-  
servicios/biblioteca-digital/carta-de-suelos](http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-general-de-recursos-naturales/tramites-y-servicios/biblioteca-digital/carta-de-suelos) (Consultado  
07/12/2018)

Ministerio de vivienda ordenamiento territorial y medio ambiente, (2003).  
Comisión técnica asesora del medio ambiente (COTAMA),  
GESTA residuos, Propuesta técnica para la reglamentación,  
Gestión integral de residuos sólidos industriales, agroindustriales  
y de servicios. Montevideo. Uruguay.

Ministerio de vivienda ordenamiento territorial y medio ambiente, (2017).  
Proyecto de ley de gestión de residuos. Disponible en:  
[https://www.mvotma.gub.uy/index.php/novedades/noticias/item/10  
009795-proyecto-ley-de-gestion-integral-de-residuos](https://www.mvotma.gub.uy/index.php/novedades/noticias/item/10009795-proyecto-ley-de-gestion-integral-de-residuos) . (Consultado  
07/12/2018).

Montaño, J. (1999), Estudio de ubicación de futuro relleno sanitario,  
Ciudad de Salto. Intendencia de Salto, Uruguay.

Nascimento V., (2012) Proposta para indicação de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, utilizando análise multicriterio de decisão e técnicas de geoprocessamento. Tesis de Maestrado, Universidade estadual de São Paulo. São Paulo, Brasil.

Olaya V. (2011) Sistemas de información geográfica, Versión 1.0. Creative Commons Atribución.

Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Fichtner-LKSUR Asociados (2005) Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana. Montevideo, Uruguay.

Oficina de Planeamiento y Presupuesto, CSI Ingenieros, Estudios Pittamiglio, (2011), Información de base para el diseño de un plan estratégico de residuos sólidos. Presidencia de la República Oriental de Uruguay, Programa Uruguay integra, MVOTMA, Unión Europea. Montevideo, Uruguay.

Organización Panamericana de la Salud, Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Banco Interamericano de Desarrollo (2010), Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe. Washington, D.C. EUA. IDB-MG-115, AIDIS -001/2011.

Pardo, M. (1998) La sociedad del desperdicio. Hacia una sociología de los residuos en las sociedades modernas contemporáneas. Universidad pública de Navarra. Navarra, España.

Programa de Naciones unidas para el medio ambiente (2013). Guía para la Elaboración de Estrategias nacionales de gestión de residuos. Naciones Unidas. Disponible en <http://www.residuoselectronicos.net/wpcontent/uploads/2013/11/U-NEP-NWMS-Spanish-Screen.pdf> Nairobi, Kenia.

Poder legislativo, (2000) “Ley N° 17.283, Ley de protección al ambiente“. IMPO. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17283-2000>. 12 de diciembre de 2000., Montevideo, Uruguay. (Consultado 5 de agosto 2018)

Poder legislativo, (2005) Decreto N° 349/005 “Reglamento de evaluación de impacto ambiental y autorizaciones ambientales“. Disponible en: <http://www.impo.com.uy/bases/decretos/349-2005>, 21 de setiembre de 2005, Montevideo, Uruguay. (Consultado 21 de abril de 2019)

Poder legislativo, (2008) Ley N° 18.308, Ley de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18308-2008>, 30 de



diciembre de 2008., Montevideo, Uruguay. (Consultado 5 de agosto 2018)

Poder legislativo, (2011) Ley N° 18.719, Presupuesto nacional de sueldos gastos e inversiones. Disponible en <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18719-2010>. Montevideo, Uruguay. (Consultado 5 de agosto 2018)

Saaty, T.L., (1980). "The Analytic Hierarchy Process." McGraw-Hill, New York., USA.

Schalch V., Leite W., Fernádes J., Alves M., (2002), Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos, Departamento de hidráulica e saneamento, São Paulo. Brasil.

Santos, M. (1996) A natureza do espaço: Técnica e tempo. Razão e emoção. 4ª ed. Editora da Universidad de São Paulo, 2006. São Paulo, Brasil.

Tejeda, M. (2000), Tutorial de lógica Fuzzy. Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima-Perú.

Tsuhako, E. (2004), Seleção preliminar de locais potenciais à instalação de aterros sanitarios na bacia da represa de Itupararanga (bacia

dos ríos Sorocaba e Medio Tietê) Universidade de São Paulo,  
Escola de engenharia de São Carlos, São Paulo. Brasil.

Uruguay XXI, (2016), Oportunidades de inversión Salto- Uruguay.  
Uruguay.

Varela M., Díaz L., García R. (2012), Descripción y usos del método  
Delphi en investigaciones del área de la salud. Elsevier México,  
Investigación en educación médica. México.

Vaz, A. (2012). Análise multicritério em sistemas de informação geográfica  
para a localização de aterros sanitários. Facultad de ciências  
sociais e humanas. Universidade nova de Lisboa.Cabo verde,  
Portugal

## ANEXO A

La entrevista con autoridades del gobierno departamental fue realizada en el mes de mayo del año 2017 con el objetivo de conocer el estado actual del depósito de residuos de la ciudad. Se deseaba conocer sus condiciones ambientales, de localización, gestión y funcionamiento, así como también tratar de establecer un radio de acción para delimitar el área de estudio.

En esa instancia la consultora en medio ambiente de la División Ordenamiento Territorial y la Coordinadora de Medio Ambiente fueron las entrevistadas y de manera muy aprensiva otorgaron la información acerca de lo planteado anteriormente.

Las preguntas realizadas fueron:

1. ¿Cuál es la forma de tenencia del predio?
2. ¿Cuál es el área del predio?
3. ¿Cuánto espacio está siendo ocupado por los residuos?
4. ¿Cuál es la vida útil que le resta?
5. ¿Cuántas toneladas recibe por día?
6. ¿Tiene balanza?
7. ¿Está bien delimitado?
8. ¿Ingresan clasificadores?
9. ¿Hay asentamientos cercanos?

10. ¿Hay quemas?, ¿intencionales o espontáneas?
11. ¿Tiene sistema de tratamiento de efluentes?
12. ¿Cómo es la gestión interna?
13. ¿Existen estudios de calidad de agua?
14. ¿Cuántos camiones tiene la intendencia? ¿Se conoce la cantidad de kilómetros realizados por día?
15. ¿Están todos funcionando?
16. ¿Qué otra maquinaria hay?

## ANEXO B

Selección de normas nacionales en materia de residuos (Información de base para el diseño de un plan estratégico de residuos sólidos, 2011, pg. 31)

Nº norma	Nombre	Alcance/Tema	Año
Decreto 152//13	Gestión de residuos agropecuarios, hortofrutícola y forestal.	Gestionar de forma ambientalmente adecuada, los residuos derivados del uso de envases en la producción animal y vegetal, promoviendo su minimización y valorización	2013
Decreto 182/13	Gestión de residuos industriales y asimilados.	Establece la necesidad de contar con gestión adecuada de los residuos sólidos industriales o similares mediante una gestión integral.	2013
Decreto 586/009:	Residuos Sanitarios	Establece la necesidad de contar con gestión adecuada de los centros de atención a la salud, modifica decreto del año 1999.	2009
Ley 18.308	Ordenamiento territorial y desarrollo sostenible.	Marco regulador general para el ordenamiento territorial y desarrollo sostenible.	2008
Decreto 541/007	Gestión Sanitaria de Residuos Sólidos de Puertos. Aeropuertos, Terminales Internacionales de Carga de Pasajeros y Puntos de Frontera del MERCOSUR.	Aprueba la resolución 30/02 del Grupo Mercado Común del Sur/MERCOSUR respecto a los criterios para la Gestión Sanitaria de Residuos Sólidos de Puertos, Aeropuertos, Terminales Internacionales de Carga de Pasajeros y Puntos de Frontera del MERCOSUR.	2007
Decreto 260/007	Reglamento de Ley de Envases	Establece Límites, formas de gestión y criterios para la elaboración de los planes de gestión de envases establecidos por la Ley 17.849.	2007
Decreto 349/005	Reglamento de Ley 16.446 de Evaluación de Impacto Ambiental.	Reglamenta el régimen de evaluación de impacto ambiental y determina que emprendimientos deberán contar con la Autorización Ambiental Previa. Quedan incluidos emprendimientos asociados a la instalación de plantas de tratamiento de residuos sólidos, y la apertura de nuevos sitios de disposición final de residuos o la ampliación de los existentes.	2005
Ley 17.849/004	Ley de Envases y Residuos de Envases	Establece la responsabilidad extendida al fabricante/importador y la necesidad de contar con planes de gestión de envases post-consumo.	2004
Decreto 373/003	Baterías usadas	Establece la responsabilidad extendida al fabricante/importador y la necesidad de contar con planes de gestión para las baterías Plomo-Ácido	2003
Ley 17.283/000	Ley General de Protección al Ambiente	Declara de interés general la protección del ambiente contra toda afectación que pudiera derivarse del manejo y disposición de los residuos	2000
Ley 16.221 y 17.220/99	Convenio de Basilea e ingreso de residuos peligrosos.	Adhesión del Uruguay al Congreso de Basilea y prohibición del ingreso de residuos peligrosos al país.	1999
Ley 16.466/94	Ley de Evaluación de Impacto Ambiental		1994
Ley 9.515/935	Digesto Municipal: residuos domiciliarios y residuos urbanos	Le otorga a los Gobiernos Departamentales la potestad de la gestión de residuos urbanos.	1935

## ANEXO C

Normas y pautas relevadas a nivel departamental en materia de residuos.

(Información de base para el diseño de un plan estratégico de residuos

sólidos, 2011, pg. 33-34).

Departamento	Número	Nombre	Descripción	Año
Artigas	1296 y 3139	Limpieza de calles y sitios de uso público y recolección de basuras.	Establece pautas a seguir para la limpieza de calles y sitios de uso público y recolección de residuos, en zonas urbanas y sub-urbanas del Departamento de Artigas	1965
Canelones	72/97	Ordenanza de Limpieza Pública	Prohibición de disposición de residuos domiciliarios en vías públicas fuera de horario establecido, de retiro contenido en bolsas de residuos, disposición de determinados residuos.	1997
	Resolución 08/06524	Obligación de Grandes generadores de Residuos Sólidos.	Establece límites de grandes generadores y montos a pagar por la recolección y disposición final por parte de la Comuna Canaria. Establece precios especiales y exoneraciones a quienes adhieran a los planes de recolección selectiva propios de la intendencia y sanciones.	2008
	3131	Ordenanza sobre establecimientos industriales, comercios y/o depósitos de materiales de desecho, chatarra, leña, etc.	Condiciones y autorización para locales comerciales y depósitos. De carácter general de establecimientos sin ser muy detallado en cuadro a depósitos de residuos.	1981
Cerro Largo	—	Normas generales de limpieza	—	S/D
Durazno	—	Normas generales de higiene y salubridad	Art. 34 hace referencia a residuos y formas de disposición	S/D
Lavalleja	1443/95	Ordenanza de Limpieza en la vía pública	Establece criterios para barrido, limpieza y recolección de residuos. Establece obligación de grandes generadores pero no lo montos y límites para el pago de servicios.	1995
Maldonado	3732	Ordenanza de salubridad e higiene	En el capítulo de Residuos Domiciliarios y Basura se establece que los residuos deben sacarse a la calle dos horas antes de que pase el camión recolector, se prohíbe el depósito de podas, escombros u otros residuos en la vía pública y se establece el adecuado mantenimiento de predios baldíos...	S/D
	3867/10	Directrices Departamentales y Microregionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible.	Definición de líneas generales de acción por zonas definidas en todo el departamento. Respecto a residuos se hace referencia solo a "gestión de residuos" como línea de acción a tomar.	2010

Paysandú	7494	Ordenanza de Limpieza Pública	Refiere al control y fiscalización de los destinos de los residuos, limpieza de los espacios públicos y vía pública, terrenos baldíos, ocupación y estado de las veredas, vertido de aguas y todo lo atendiente a la limpieza pública.	S/d
----------	------	-------------------------------	--	-----

Departamento	Número	Nombre	Descripción	Año
Río Negro	101/007	Ordenanza Ambiental	Creación de la Agenda Ambiental Departamental y que fuera presentada a la junta departamental de Río Negro en Noviembre de 2007.	2007
	2/972	Normas Higiene Salubridad Espacios Públicos.	Regula la Limpieza de calles y sitios de uso público, terrenos, veredas, la Recolección y Disposición Final de los Residuos.	1972
	830	Residuos de obra en planta urbana.	Regula el retiro de escombros materiales de desechos, tierra etc., depositados en los frentes y veredas de las fincas sitias en la plante urbana y suburbana de la ciudad.	1982
Rivera	204	Residuos sólidos urbanos	Regula los residuos urbanos, concepto, almacenamiento, recolección, barrido y limpieza, transporte y traslado de RSU, disposición final de RSU, residuos especiales, hospitalarios, etc. Y con sus correspondientes penalidades.	1979
	—	Ordenanza General de Protección Ambiental.	Amplia en conceptos ambientales: contaminación atmosférica, de las aguas, contaminación sonora, residuos sólidos, ordenamiento territorial, espacios naturales y de uso público, régimen de tenencia y protección de animales, impacto ambiental, educación ambiental y participación ciudadana.	2008
	—	Proyecto de Modificación de Ordenanza General de Protección Ambiental.	Gestión de residuos de grandes generadores. Se deberá presentar un plan de gestión de residuos, el que estará a la aprobación de la intendencia de Rivera. En esta ordenanza se fomenta la integración de estas empresas a programas que busquen reducir los impactos ambientales de los residuos sólidos urbanos e industriales como por ejemplo el programa de rutas limpias, incluye neumáticos fuera de uso.	2010
Rocha	592/92	Ordenanza de salubridad e higiene	Ordenanza de limpieza, muy general.	1992
	2909/06	—	Reglamentación de los lugares de cría de cerdos (a una distancia mínima de 1 km de vertederos).	1992
San José	2546	Ordenanza relativa a la Limpieza y residuos.	Recolección de residuos domiciliarios y públicos, limpieza contralor de basurales y basurales municipales.	1988
Treinta y tres	—	Normas generales de limpieza-muy antiguas	—	S/D
	—	Traslado, depósito y quema de la cáscara de arroz.	—	2000

## ANEXO D

El objetivo de la entrevista fue poder realizar una evaluación en cuanto a la pertinencia de las variables listadas. También se solicita en cada caso que se realice una pequeña argumentación con el objetivo de poder evaluar la pertinencia de la sugerencia. A fines prácticos la realización de la entrevista fue dividida en tres grupos:

### 1. Restricciones ambientales

- Características del basamento geológico
- Distancia al nivel freático
- Relieve declividad del terreno
- Características del suelo
- Proximidad de cursos de agua
- Proximidad de pozos de agua subterránea
- Unidades de conservación
- Uso y cobertura de suelo
- Vientos

### 2. Restricciones económicas y operacionales

- Clasificación de usos del suelo según las directrices departamentales
- Distancia a áreas urbanas del RS
- Vías de acceso
- Facilidad de acceso a vehículos pesados
- Costo de adquisición del terreno



- Área disponible para la construcción de la laguna de lixiviados
- Área del RS-Vida útil mínima
- Proximidad a aeropuertos

### 3. Restricciones sociales

- Proximidad a núcleos residenciales urbanos
- Distancia a núcleos urbanos de baja renta
- Acceso al área a través de calles con baja densidad de ocupación
- Inexistencia de problemas con la comunidad local
- Control de enfermedades
- Mal olor

## ANEXO E

Tanto para el tratamiento de las restricciones como de los factores se realizaron mediante el complemento Multi Ring Buffer de Qgis Bonn una serie de buffers de manera consecutiva cada 10 metros para cada una de las capas de información, hasta llegar al límite del área de estudio.

A partir de allí se rasterizaron los valores de cada uno en celdas de 30 metros x 30 metros mediante la herramienta Rasterizar de GDAL y posteriormente se reclasificaron con la herramienta Fuzify de SAGA según los valores planteados en la tabla 6 y 7, tal como se muestra en las figuras 16 y 17.

Se optó por trabajar con celdas de dichas dimensiones ya que el raster del modelo digital de terreno descargado de la RENARE presenta esas dimensiones.

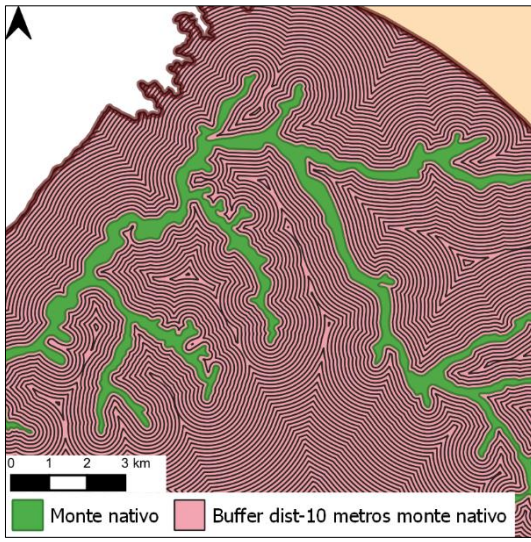


Figura 17: Multi-buffers para monte nativo.

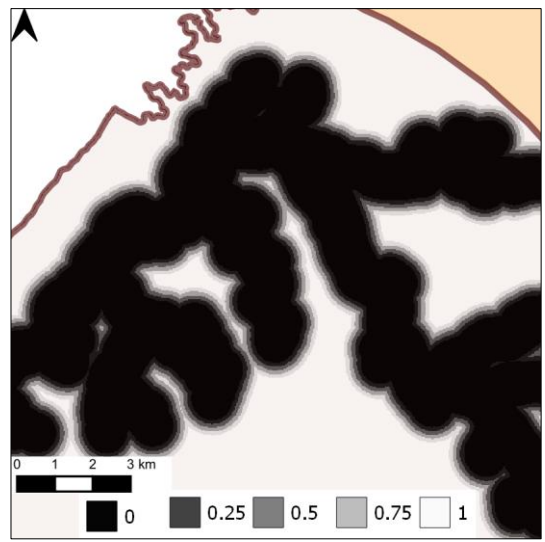


Figura 18: Valores fuzzificados de la distancia para el monte nativo

## ANEXO F

En la elección de los expertos para responder la entrevista para ponderar las variables se realizó una lista en la que se obtuvo respuestas de dos geógrafos, un antropólogo, un economista, un epidemiólogo, un ingeniero ambiental y un geomorfólogo. A cada uno de ellos se le fue enviado un e-mail explicativo y la matriz de ponderación, tal como se presenta a continuación:

Metodología para la ponderación de las variables a ser consideradas en la evaluación de la aptitud de áreas para la instalación de un Relleno Sanitario.

Para la ponderación de los criterios se plantea la siguiente escala de valoración:

Valor	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Los dos criterios contribuyen de forma idéntica para el objetivo
3	Poco más importante	Un factor es ligeramente más importante que el otro
5	Mucho más importante	Un factor es claramente más importante que el otro
7	Bastante más importante	Un factor es fuertemente favorecido y su mayor relevancia fue demostrada en la práctica
9	Extremadamente más importante	La evidencia que diferencia los factores es de mayor orden posible
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Posibilidad de compromisos adicionales, valores intermedios a los valores impares.

Escala de juzgamiento de importancia del método AHP. (Saaty, 1980)

Se genera entonces una matriz  $n \times n$  donde se comparan los valores atribuidos a todos los pares.

$$\begin{array}{c|cccc}
 & C & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\
 \hline
 C & & & & & \\
 A_1 & & 1 & x & \dots & y \\
 A_2 & & 1/x & 1 & \dots & z \\
 & & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 A_n & & 1/y & 1/z & \dots & 1
 \end{array}$$

La matriz se completa comenzando por la primera línea. Teniendo claro que la diagonal principal tendrá siempre valor 1, porque expresa la relación de un elemento consigo mismo. Y que por tratarse de una matriz simétrica solo es necesario completar la mitad superior. Lo mismo que sucede en la diagonal, sucede con elementos de igual importancia. Una vez completada la diagonal, en la línea 1 se pregunta ¿cuánto más importante (en función del objetivo) es la contribución del elemento "A1" que el elemento "A2"?

En cada una de las comparaciones se procura representar la dominancia, o no, del elemento de la línea frente al de la columna. Si el elemento  $A_i$  fuese más importante que el elemento  $A_j$  tendrá valores de 2 a 9. Contrariamente el valor que tendrá  $A_j$  en relación a  $A_i$  será el valor inverso, o sea  $1/2$  a  $1/9$ .

Con la metodología presentada los expertos que respondieron el correo (un total de 7 de los 17 enviados) completaron la matriz presentada a continuación junto con un diccionario en el que se presentaron definiciones de cada variable. (Matriz 1)

Matriz 1

ID	Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Basamento geológico	<b>1</b>										
2	Distancia al nivel freático		<b>1</b>									
3	Declividad del terreno			<b>1</b>								
4	Tipo de suelo				<b>1</b>							
5	Proximidad a cursos de agua					<b>1</b>						
6	Proximidad a pozos de agua subteránea						<b>1</b>					
7	Unidades de conservación							<b>1</b>				
8	Usos de suelo								<b>1</b>			
9	Distancias a áreas urbanas									<b>1</b>		
10	Vías de acceso										<b>1</b>	
11	Proximidad a aeródromos											<b>1</b>

## Diccionario de las variables

Variable	Observación
Basamento geológico	La característica de la potencialidad hídrica de una unidad geológica es inversamente proporcional a la potencialidad del área en recibir residuos sólidos. Es deseable que el basamento geológico tenga cierta impermeabilidad, con el propósito de reducir las posibilidades de contaminación de acuíferos. Las rocas más porosas e impermeables deben ser evitadas, así como sitios de afloramiento de acuíferos y fallas geotectónicas. Los aspectos que deben tenerse en consideración son composición, granulación, estructuración, profundidad de nivel freático, porosidad, permeabilidad.
Distancia al nivel freático	Las distancias recomendadas son las siguientes: Para rellenos sanitarios con impermeabilización inferior mediante geomembrana la distancia a napas freáticas la manta no podrá ser inferior a 1,5 metros. Para rellenos sanitarios con impermeabilización realizada por medio de una capa de arcilla la distancia a nivel freático no podrá ser inferior a 2,5 metros.
Declividad del terreno	Los aspectos que se deben llevar en consideración son la morfología, posición, inclinación/ declividad, exposición, movimiento de masas y erosión. Las mejores áreas para la instalación de un Relleno Sanitario no pueden ser muy inclinadas y tampoco muy planas. Siendo lo ideal aquellas áreas que se encuentren entre 1 y 30% de inclinación.
Tipo de suelo	Es deseable que el suelo del terreno seleccionado tenía cierta impermeabilidad natural, con el propósito de reducir las posibilidades de contaminación del área. Los aspectos de los suelos que se debe tener en consideración son composición, granulación, estructuración, textura y porosidad.
Proximidad a cursos de agua	Las áreas no deben situarse próximas a cuerpos de agua relevantes tales como ríos, lagos y lagunas.
Proximidad a pozos de agua subteranea	Las áreas no deben situarse próximas a pozos de extracción de aguas subterráneas.
Unidades de conservación	Las áreas no pueden situarse en áreas de interés ambiental o dentro de unidades de conservación que no permitan ningún tipo de deposición de residuos.
Usos de suelo	Las áreas tienen que localizarse en una región donde el uso de la tierra sea de preferencia rural, debiendo conservarse al máximo de áreas con vegetación nativa.
Distancias a áreas urbanas	Las áreas de deposición de residuos no deben situarse próximas a zonas residenciales. Principalmente por problemas asociados a contaminación y olores. También se debe evitar el ingreso de clasificadores de residuos, por lo que se optará por la mayor distancia posible.
Vías de acceso	Deben ser priorizadas áreas que ya poseen vías de acceso, de preferencia pavimentadas y que se localicen lo más próximo de estas. Además de eso, las condiciones de estas vías, mismo en situaciones críticas, como períodos de fuertes lluvias deben ser adecuadas.
Proximidad a aeródromos	Las áreas no pueden situarse próximas a aeropuertos o aeródromos, visto que sitios de deposición de residuos sólidos generalmente atraen aves que pueden generar accidentes aéreos.



Los expertos únicamente completaron la mitad superior de la matriz, una vez recibidas fueron completadas las otras mitades con los valores recíprocos para cada celda correspondiente. Hecho esto se elaboró una nueva matriz (Matriz 2) idéntica pero completada con los valores promediados de lo aportado en cada una de las matrices recibidas.

Posteriormente se realizó una suma, por columna, obteniendo tantos valores como columnas tiene la matriz, en este caso 11.

Una vez obtenido dicho resultado se elabora una nueva matriz (Matriz 3) también idéntica, pero esta vez cada celda es completada con el resultado obtenido de dividir el valor de cada celda de la matriz de promedios entre el resultado de la suma de cada columna correspondiente.

## Matriz 2

ID	Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Basamento geológico	<b>1</b>	3,333333	3,285714	3,142857	2,5523757	3,1904757	3,3218571	3,457143	3,0361429	5,285714	4,237619
2	Distancia al nivel freático	0,30	<b>1</b>	3,142857	3	2,2857143	2	3,9285714	4,714286	3,1785714	5,714286	4,714286
3	Declividad del terreno	0,30	0,32	<b>1</b>	2,904761	2,5	2,4047571	3,9047614	4,857143	3,1632857	5,285714	4,047619
4	Tipo de suelo	0,32	0,33	0,34	<b>1</b>	2,0676186	1,4009471	3,2109	3,571429	2,6594714	3,857143	4,047619
5	Proximidad a cursos de agua	0,39	0,44	0,40	0,48	<b>1</b>	1,8571429	4,0714286	4,571429	2,8857143	5,285714	3,714286
6	Proximidad a pozos de agua subteránea	0,31	0,50	0,42	0,71	0,54	<b>1</b>	3,5	4,285714	2,8857143	5	3,428571
7	Unidades de conservación	0,30	0,25	0,42	0,31	0,25	0,29	<b>1</b>	4,285714	2,2376186	4	3,190476
8	Usos de suelo	0,29	0,21	0,21	0,28	0,22	0,23	0,23	<b>1</b>	2,7792857	4,190476	3,361904
9	Distancias a áreas urbanas	0,33	0,31	0,32	0,38	0,35	0,35	0,45	0,36	<b>1</b>	4,571429	2,647143
10	Vías de acceso	0,19	0,18	0,19	0,26	0,19	0,20	0,25	0,24	0,22	<b>1</b>	1,682857
11	Proximidad a aeródromos	0,24	0,21	0,25	0,25	0,27	0,29	0,31	0,30	0,38	0,59	<b>1</b>
	Totales	3,9726	7,090743	9,962776	12,71884	12,213489	13,210572	24,181188	31,63875	24,42232	44,7847	36,07238

### Matriz 3

												Promedio
Basamento geológico	0,2517	0,4701	0,3298	0,2471	0,20898	0,241509	0,13737	0,10927	0,124318	0,11802	0,11748	0,21415222
Distancia al nivel freático	0,0755	0,14103	0,31546	0,23587	0,187147	0,151394	0,16246	0,149	0,13015	0,12759	0,13069	0,16421088
Declividad del terreno	0,0766	0,04487	0,10037	0,22838	0,204692	0,182033	0,16148	0,15352	0,129524	0,11802	0,11221	0,13742921
Tipo de suelo	0,0801	0,04701	0,03455	0,07862	0,16929	0,106047	0,13279	0,11288	0,108895	0,08613	0,11221	0,09713781
Proximidad a cursos de agua	0,0986	0,0617	0,04015	0,03803	0,081877	0,14058	0,16837	0,14449	0,118159	0,11802	0,10297	0,1011789
Proximidad a pozos de agua subteránea	0,0789	0,07051	0,04174	0,05612	0,044087	0,075697	0,14474	0,13546	0,118159	0,11165	0,09505	0,08837352
Unidades de conservación	0,0758	0,0359	0,04174	0,02449	0,02011	0,021628	0,04135	0,13546	0,091622	0,08932	0,08845	0,06053067
Usos de suelo	0,0728	0,02992	0,02067	0,02201	0,017911	0,017663	0,00965	0,03161	0,113801	0,09357	0,0932	0,04752788
Distancias a áreas urbanas	0,0829	0,04437	0,03173	0,02956	0,028373	0,026232	0,01848	0,01137	0,040946	0,10208	0,07338	0,04449429
Vías de acceso	0,0476	0,02468	0,01899	0,02038	0,01549	0,015139	0,01034	0,00754	0,008957	0,02233	0,04665	0,02164784
Proximidad a aeródromos	0,0594	0,02992	0,0248	0,01942	0,022044	0,022078	0,01296	0,0094	0,015468	0,01327	0,02772	0,02331678
												<b>1</b>

Los valores de la columna de promedios fueron los utilizados en la suma lineal ponderada como ponderadores de la importancia relativa para cada variable. Finalmente se realiza el promedio de cada una de las filas, obteniendo valores entre 0 y 1 cuya suma debe ser igual a 1.