

# **Delimitación de Áreas de Riesgo Ambiental para la Salud en la Cuenca Matanza Riachuelo, a partir de Técnicas de Análisis Espacial e Inteligencia Artificial**

**Por Manuel Miller**

---

Presentado ante la Facultad de Matemática, Astronomía y Física y el Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich como parte de los requerimientos para la obtención del grado de

MAGISTER EN APLICACIONES ESPACIALES DE ALERTA Y RESPUESTA  
TEMPRANA A EMERGENCIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

**Septiembre de 2014**

©IG - CONAE/UNC

© FAMAFA – UNC

Director: Dr. Iván Insua. Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACuMaR)  
Co Directora: Dra. Ximena Porcasi. Instituto de Altos Estudios Espaciales "Mario Gulich"



Delimitación de Áreas de Riesgo Ambiental para la Salud en la Cuenca Matanza Riachuelo, a partir de Técnicas de Análisis Espacial e Inteligencia Artificial por Manuel Miller. Se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 2.5 Argentina](#).

## **Resumen**

La Cuenca Matanza - Riachuelo se desarrolló en un contexto histórico de ocupación territorial con escasa planificación, en correspondencia con alta densidad poblacional y diferentes actividades productivas dañinas para el ambiente. Se procesaron datos de censos de salud ambiental y se vincularon a información ambiental en un Sistema de Información Geográfico. Se aplicaron herramientas geo-estadísticas y computacionales a dos escalas de análisis, permitiendo definir áreas de riesgo para la salud ambiental. Se arribó a un mapa síntesis con tres niveles de riesgo, la cuenca media presentó la situación más desfavorable.

## **Palabras Clave**

Salud Ambiental. Cuenca Matanza Riachuelo. Riesgo. Análisis Espacial. Redes Neuronales.

## **Abstract**

The Matanza-Riachuelo Basin took place in an historical context of territorial occupation with poor planning, in correspondence with high population density and different productive activities harmful to the environment. Environmental health census data was processed and linked to environmental information in a Geographic Information System. Geo-statistical and computer tools were applied to two analysis scales, allowing the definition of risk areas for environmental health. As a result, a synthesis map with three levels of risk shows that the middle basin presented the worst situation.

## **Keywords**

Environmental Health. Matanza-Riachuelo Basin. Risk. Spatial Analysis. Neural Networks.

## *Agradecimientos*

*Me gustaría que estos párrafos sirvieran para expresar mi agradecimiento a las instituciones que posibilitaron la realización del presente trabajo: el Instituto de Altos Estudios Espaciales “Mario Gulich”, La Universidad Nacional de Lujan y la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo. Quisiera extender mi gratitud a todas las personas que desarrollan allí sus actividades y que colaboraron para que pueda concluir esta tesis.*

*También dedico mi más profundo y sincero agradecimiento a mis compañeros de cohorte por la comprensión, paciencia y el ánimo, pero fundamentalmente por convertirse en mis amigos.*

*Además me gustaría expresar toda mi gratitud y reconocimiento a mi familia y amigos, por generar las condiciones que permitieron que llegue a cumplir este objetivo.*

*Un agradecimiento muy especial a mis directores por su prestancia y capacidad de resolución.*

*Muchas Gracias a tod@s aquellos que de alguna u otra forma aportaron para la realización de este proyecto.*

## Índice de contenido

<b>I-</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
	I.2. La Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACuMaR).....	11
	I.3. Plan Sanitario de Emergencia .....	13
	I.4. Evaluaciones de Salud Ambiental en el Ámbito de la Cuenca Matanza Riachuelo .....	14
	I.5. Marco Metodológico .....	15
	I.5.1. Formatos de los Datos Geográficos Utilizados .....	17
	I.5.2. La Cuenca Matanza Riachuelo .....	18
<b>II-</b>	<b>REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE CASOS RESULTADOS DE ENUDPAT I y II .....</b>	<b>21</b>
	II.1. Indicadores de Daño para la Salud Ambiental .....	24
<b>III-</b>	<b>ESTUDIO DE CASO: VILLA 21 – 24 .....</b>	<b>28</b>
	III.1. Representación Espacial de los Resultados de EISAR de Villa 21-24.....	31
	III. 2. Análisis Espacial de la Distribución de Plomo Capilar por Encima del Valor de Referencia. ....	34
	III. 3. Detección Espacial de Agrupamientos de Alto Riesgo Según Plomo Capilar .....	40
	III. 4. Espacialización del Riesgo a Partir de EISAR de Villa 21-24 .....	45
	III. 5. Evaluación de Riesgo a Partir de Variables Relevadas en EISAR de Villa 21-24.....	47
<b>IV-</b>	<b>CAMBIOS EN LA COBERTURA DEL SUELO.....</b>	<b>58</b>
	IV.1. Control de Cambios de la Cobertura Vegetal .....	61
<b>V-</b>	<b>CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL A ESCALA DE CUENCA A PARTIR DE DATOS ESPACIALES Y DERIVADOS DE SENSORES REMOTOS.....</b>	<b>66</b>
	V.1. Cercanía a Agentes Contaminantes .....	68
	V.2. Cercanía a Vías de Comunicación Principales .....	69
	V.3. Cercanía a Basurales .....	71
	V.4. Cambios en la Vegetación .....	72
	V.5. Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI).....	73
	V.6. Modelo de Elevación Digital (DEM) .....	76
<b>VI-</b>	<b>DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE RIESGO PARA LA SALUD AMBIENTAL.....</b>	<b>78</b>
	VI.1. Redes Neuronales Artificiales.....	80
	VI.1.1. Perceptrón Multi-Capas .....	82
	VI.2. Entrenamiento de la Red Neuronal .....	84
	VI.3. Salida de la Red Neuronal .....	88
	VI.4. Validación de la clasificación del riesgo por la Red Neuronal.....	89
<b>VII-</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>VIII-</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>95</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de niños y distribución de niños acumulada por edades. ....	14
Tabla 2. Disponibilidad de datos de plomo capilar según universo.....	34
Tabla 3. Total personas con plomo en la vivienda incluye a embarazadas y menores de 6 años. ....	38
Tabla 4. Viviendas con niños menores de 6 años según el máximo nivel de plomo capilar. ....	39
Tabla 5. Resultados geo estadísticos del software Sat Scan .....	42
Tabla 6. Viviendas y personas en viviendas según localización.....	43
Tabla 7. Niños menores de 6 años: distribución según Plomo capilar y Localización.....	44
Tabla 8. Niños menores de 6 años: distribución según nivel Plomo capilar y Localización.....	44
Tabla 9. Niños menores de 6 años con plomo: nivel promedio de plomo según Localización. ....	44
Tabla 10. Niños menores de 6 años: distribución según Plomo capilar y Localizaciónr .....	45
Tabla 11. Niños menores de 6 años: distribución según nivel Plomo capilar y Localización .....	45
Tabla 12. Viviendas con niños menores de 6 años: distribución según Determinantes de la salud. ....	56
Tabla 13. Matriz de confusión.....	89
Tabla 14. Matriz de confusión.....	90

## Índice de Figuras

Figura 1. Esquema Metodológico de la Investigación .....	16
Figura 2. Modelo ráster y modelo vectorial .....	18
Figura 3. La Cuenca Matanza Riachuelo, las subcuencas y su división política.....	20
Figura 4. Georreferenciación de viviendas evaluadas en ENUDPAT 2010.....	23
Figura 5. Georreferenciación de las viviendas de ENUDPAT 2011.....	23
Figura 6. Georreferenciación de hogares con indicadores de daño .....	27
Figura 7. Villas y asentamientos de la cuenca media y baja, Ubicación de la Villa 21-24.....	29
Figura 8. Comuna 4 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ubicación de Villa 21 24.....	30
Figura 9. Vista de la Villa 21 24 del margen opuesto al asentamiento. ....	31
Figura 10. Distribución de adultos mayores y niños menores de 6 años.....	33
Figura 11. Distribución de embarazadas.....	34
Figura 12. Distribución de Niños por edades con plomo por encima del VdR .....	35
Figura 13. Distribución de niños menores de 6 años con plomo por encima del VdR.....	36
Figura 14. Distribución de niños menores de 6 años con plomo por encima del VdR .....	37
Figura 15. Distribución de embarazadas con plomo por encima del VdR .....	37
Figura 16. Distribución del total de personas con plomo por encima del VdR. ....	39
Figura 17. Distribución del máximo nivel de plomo capilar en niños en la vivienda.....	40
Figura 18. Detección espacial de cluster .....	43
Figura 19. Mapa de vulnerabilidad .....	50
Figura 20. Mapa de riesgo del entorno .....	53
Figura 21. Mapa de riesgo producido por los hábitos .....	54
Figura 22. Mapa de riesgo total.....	55
Figura 23. Interpretación visual de imágenes de alta resolución espacial .....	60
Figura 24. NDVI realizado a partir de imagen LANDSAT (2000).....	62
Figura 25. NDVI realizado a partir de imagen LANDSAT (2011).....	63
Figura 26. Estadísticos básicos e histogramas de frecuencia de los NDVI para las diferentes fechas.....	64
Figura 27. Control de Cambios.....	65
Figura 28. Matriz de cercanía a agentes contaminantes.....	69
Figura 29. Matriz de cercanía a vías de comunicación principales.....	70
Figura 30. Matriz de cercanía Basurales .....	72
Figura 31. Cambios en la vegetación.....	73
Figura 32. Necesidades básicas insatisfechas .....	75
Figura 33. Modelo de elevación digital ASTER .....	77
Figura 34. Esquema de archivo ráster realizado con las variables ambientales .....	80
Figura 35. RNN. Perceptrón multicapa dirigido hacia adelante.....	82
Figura 36. Índice de daño ambiental. Clases de entrenamiento para las RNN.....	85
Figura 37. Comportamiento de la mediana de los grupos de entrenamientos de la RNN.....	86
Figura 38. Comportamiento de la mediana de los grupos entrenamiento de la RNN.....	86
Figura 39. Entrenamiento de la RRN. Comportamiento del error medio cuadrático en cada interacción. ....	87
Figura 40. Clasificación por red neuronal artificial.....	88
Figura 41. Mapa con las áreas de mayor riesgo. ....	91

## **I- INTRODUCCIÓN**

- *Objetivos*
- *La Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo*
- *Plan Sanitario de Emergencia*
- *Evaluaciones de Salud Ambiental en el Ámbito de la Cuenca Matanza Riachuelo*
- *Marco Metodológico*

El ambiente condiciona de forma directa e indirecta diversos aspectos del bienestar de la población, algunos riesgos para la salud son iniciados, preservados o aumentados por factores ambientales que interactúan entre sí de manera dinámica y sistémica.

Según la Organización mundial de la Salud (OMS), la Salud Ambiental abarca los aspectos de salud humana, incluyendo la calidad de vida, que son determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales, y psicosociales en el ambiente. También se refiere a la teoría y a la práctica de determinar, corregir, controlar y prevenir esos factores del ambiente que pueden afectar negativamente la salud de generaciones presentes y futuras (OMS, 2014)

En este mismo sentido se estima que el 24% de la carga de morbilidad<sup>1</sup> mundial y el 23% de todos los fallecimientos pueden atribuirse a factores ambientales, ascendiendo al 36% si se toma el grupo de edad de 0 a 14 años. Tal es así que las patologías con más carga ambiental son las diarreas, las infecciones respiratorias bajas, otras lesiones no intencionadas y la malaria. La morbilidad por determinantes ambientales es proporcionalmente más alta en países empobrecidos. Por ejemplo, el 20 % de las infecciones respiratorias bajas son atribuibles a causas ambientales en países ricos mientras que esa proporción es del 42% en países empobrecidos (Ídem).

El Informe Lalonde, elaborado en Canadá y que lleva el nombre del entonces ministro de sanidad, estableció en el año 1974 un marco conceptual para los factores clave que parecían determinar el estado de salud: estilo de vida, ambiente, biología humana y servicios de salud. Se ha estimado que en los países industrializados un 20 % de la incidencia total de enfermedades puede atribuirse a factores ambientales (Guerrero, 2007).

En particular, hay evidencia que en términos de contribución a la salud de la población en general, la medicina y la atención son limitadas, y aumentar el gasto en atención no resultará en mejoras significativas. Por otro lado, hay fuertes indicios que otros factores como las condiciones de vida y de trabajo son crucialmente importantes para una población saludable (Moiso et al., 2007).

Por ejemplo, existen asociaciones diferenciales entre las medidas de segregación espacial y la mortalidad. Ciudades que poseen poblaciones pobres y

---

<sup>1</sup> Morbilidad: cantidad de personas que enferman en un lugar y un período de tiempo determinados en relación con el total de la población.

aisladas tienen mayor mortalidad que otras ciudades cuya población pobre está integrada a la trama urbana (Chandola, 2012).

Las relaciones entre exposición ambiental a agentes de riesgo y la salud humana fueron estudiadas con éxito principalmente en la dimensión temporal. Por ejemplo, las asociaciones entre calidad de aire, morbilidad y mortalidad por enfermedades pulmonares (Andres, 1977; Anto, 1989; Fairley, 1990). En cambio la comprensión de la dinámica de la dimensión espacial se vio afectada por factores de confusión ('confoundings') en estudios de tipo ecológico (Barcellos & Bastos, 1996; Jacobson, 1984).

Por otro lado, el abordaje geográfico de los problemas de salud ambiental, utilizando técnicas de modelado espacial, genera una mayor comprensión de la dinámica de los fenómenos y su interacción. En tal contexto, los sistemas de información geográfica (SIG) permiten analizar la influencia del ambiente sobre los problemas de salud de la población (Chaix, 2005).

Por ejemplo, en diversos ambientes urbanos del Reino Unido se ha aplicado una evaluación espacial para detectar áreas de riesgo para la salud en el contexto del cambio climático, a partir de la definición de unidades urbanas que permitieron elaborar estrategias de adaptación (Lindley et al., 2007).

Vivier et al. (2011) estudiaron las desigualdades en una amplia muestra obtenida por el Departamento de salud de Rhode Island (USA). El 17,3% de una muestra de 204.746 niños presentaban niveles de plomo en sangre superiores a 10 µg/dL (microgramos por decilitro), con un rango de entre 0 y 49% si se estratificaba la muestra por secciones censales. Clasificando las secciones censales por nivel de pobreza, el porcentaje de niños con niveles altos de plomo oscilaba entre el 8% y el 31% si se consideraba a los niños que vivían en secciones del quintil más bajo de pobreza o del más alto respectivamente. Evaluando la incidencia de la variable de antigüedad de la vivienda se obtuvieron los siguientes resultados: frente al 7% de niños con esos niveles en las secciones censales del quintil más bajo, en las secciones del quintil más alto la proporción resultó ser del 27%.

Por su parte, un equipo formado por investigadores del Ministerio de Salud de la Nación Argentina, del Grupo INQA (Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy) y de CENATOXA (de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires) se planteó evaluar la exposición al plomo de niños que habitan en localidades identificadas como sitios contaminados. El modelo espacial

generado a partir de diferentes tipos de datos, provenientes de distintas fuentes, vinculó a través del espacio indicadores de riesgo y facilitó una clasificación del territorio para caracterizar la prevalencia de eventos de salud vinculados al ambiente (García et al., 2009; De Pietri, 2011).

Existe consenso que para modelar problemas de salud ambiental se requiere la inclusión de múltiples variables, muchas veces de naturaleza diversa y con relaciones no lineales. Un tipo de abordaje a esta situación es a través de la utilización de técnicas de inteligencia artificial como las redes neuronales artificiales. (Kaiser, 2003; Rapant, 2013).

El ambiente de la Cuenca Matanza–Riachuelo (CMR) es parte de una zona afectada por múltiples actividades antrópicas, desde fines de la época colonial, donde ya funcionaban varios saladeros en los márgenes del río, hasta la fecha que fueron empadronadas 13388 industrias (ACUMAR, 2009), ha recibido vertidos contaminantes.

La población residente en el área de la C M R presenta algunas características socio-económico-demográficas que la tornan expuesta, no sólo a los residuos de la actividad industrial y de las ciudades, sino a factores ambientales adversos ligados a condiciones de saneamiento básico y a condiciones asociadas a la pobreza (PISA, 2010).

Esta situación dio origen a la denominada "Causa Mendoza" en la que se responsabilizó por daños y perjuicios al Estado Nacional, la Provincia de Buenos Aires, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y a 44 empresas, además de 14 municipios de la Provincia de Buenos Aires por los que se extiende la Cuenca Matanza-Riachuelo.

El 8 de julio de 2008, la Corte Suprema de Justicia de la Nación (CSJN) dictó un fallo histórico donde se determinó que la Nación, la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad de Buenos Aires son los responsables de llevar adelante las acciones y las obras de saneamiento y además fijo plazos perentorios para la ejecución, dejando abierta la posibilidad de imponer multas para el caso de incumplimiento (Télam, 2014).

La resolución exige a las autoridades el control de la contaminación industrial, el saneamiento de basurales, la extensión de obras de aguas, cloacas y desagües pluviales, la realización de un plan sanitario de emergencia y la adopción de un sistema internacional de medición para evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos (CSJN, 2012).

En este contexto, la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACuMaR), realizó diversos estudios de salud ambiental para conocer de qué forma los factores ambientales influyen en la salud de la población. En este trabajo se utilizaron como insumo los datos relevados en estos estudios, incluyéndolos con información ambiental de diversas fuentes, a un Sistema de Información Geográfico (GIS).

## **I.1. Objetivos**

### **Objetivo General:**

- Delimitar áreas de riesgo ambiental para la salud en el territorio de la Cuenca Matanza Riachuelo de manera de aportar elementos para priorizar intervenciones que prevengan el daño asociado al ambiente.

### **Objetivos Específicos:**

- Incorporar los datos generados a partir de la Encuesta de Nutrición, Desarrollo Psicomotor y Análisis Toxicológico 2010, 2011 y la Evaluación Integral de Salud en Áreas de Riesgo en un Sistema de Información Geográfico (SIG) de modo de obtener patrones espaciales.
- Analizar espacialmente las variables ambientales: cercanía a agentes contaminantes, cercanía a vías de comunicación, cercanía a basurales, cambios en el uso del suelo, necesidades básicas insatisfechas y altura sobre el nivel del mar.
- Generar una red neuronal artificial que permita predecir áreas con mayor o menor grado de riesgo ambiental.

## **I.2. La Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACuMaR)**

La Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo es un organismo público que se desempeña como la máxima autoridad en materia ambiental en la región que ocupa la cuenca. Es un ente autónomo, autárquico e interjurisdiccional, que conjuga el trabajo

con los tres gobiernos que tienen competencia en el territorio: Nación, Provincia de Buenos Aires y Ciudad Autónoma de Buenos Aires y gestiona el Plan Integral de Saneamiento Ambiental de la Cuenca Matanza Riachuelo (PISA, 2010).

ACuMaR se crea en 2006 mediante la Ley Nacional N° 26.168 atendiendo a la preocupante situación de deterioro ambiental de la cuenca. En 2008, la Corte Suprema de Justicia de la Nación intimó a la ACuMaR a implementar un plan de saneamiento en respuesta a la causa judicial conocida como “Causa Mendoza” (CSJN, 2008).

Éste proceso judicial se inició en julio de 2004 cuando un grupo de vecinos, encabezados por Beatriz Silvia Mendoza y otras 16 personas, presentaron una demanda reclamando la recomposición del medio ambiente y la creación de un fondo para financiar el saneamiento de la cuenca, responsabilizando de daños y perjuicios a los siguientes actores:

- El Estado Nacional, la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Cuarenta y cuatro empresas (44) aledañas por volcar directamente al río los residuos peligrosos, por no construir plantas de tratamiento, no adoptar nuevas tecnologías y no minimizar los riesgos de su actividad productiva.

El PISA es el resultado del consenso entre las jurisdicciones afectadas por la problemática. A fines de 2009, el gobierno Nacional y los gobiernos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Provincia de Buenos Aires, con distintas competencias y visiones, generaron un documento que refleja las prioridades en materia de gestión, prevención y control que se requieren para cumplir los objetivos (PISA, 2010).

Se integraron antecedentes al PISA vinculados a la problemática ambiental de la CMR. En el Plan se reflejan documentos desde el año 1973 hasta el año 2008, que fueron el resultado de gestiones estatales que trabajaron para el saneamiento de la región. A su vez, se contemplaron las observaciones de Organismos Oficiales como la Universidad de Buenos Aires, la Defensoría del Pueblo (UBA) y también entidades de la sociedad civil.

En este sentido, en marzo de 2010 se presentó la nueva versión del Plan Integral con el propósito de reflejar el grado de avance de las acciones llevadas a cabo e introducir las modificaciones necesarias en función de las nuevas realidades.

Los objetivos estratégicos del PISA 2010 fueron:

- Mejorar la calidad de vida
- Reconponer el ambiente (agua, aire, suelo)
- Prevenir de daño con suficiente y razonable grado de predicción

### **I.3. Plan Sanitario de Emergencia**

Para el cumplimiento del fallo de la Corte Suprema de Justicia de la Nación (CSJN) que declara la emergencia ambiental para la CMR la Dirección General de Salud Ambiental (DGSA) redacta y pone en marcha el Plan Sanitario de Emergencia que contempla acciones tendientes a la promoción y protección de la salud, así como a la prevención de las enfermedades de toda la población que habita en la cuenca (ACuMaR, 2009).

Los principales lineamientos estratégicos del Plan Sanitario de Emergencia, contemplan los siguientes objetivos:

- Fortalecer la identificación de los posibles daños ocasionados en las personas y comunidades, devenidos como consecuencia de la contaminación producida sobre la CMR;
- Reforzar las redes sanitarias intervinientes en la recuperación de la salud, para aquellas personas o comunidades afectadas;
- Realizar intervenciones oportunas y eficaces, que tiendan a reducir el impacto de los riesgos ambientales sobre la salud de la población;
- Fortalecer en los grupos identificados como vulnerables aquellos aspectos que tienden a mejorar su condición.

## I.4. Evaluaciones de Salud Ambiental en el Ámbito de la Cuenca Matanza Riachuelo

La DGSA lleva a cabo, entre otras acciones, estudios y evaluaciones para conocer en profundidad el estado de salud y su relación con el ambiente en la población de la CMR

El Estudio de Nutrición, Desarrollo Psicomotor y Análisis Toxicológico (ENUDPAT 2010) se trató de un estudio observacional sobre la base de una encuesta por muestreo probabilístico.

Su objetivo general fue establecer una línea de base sobre el desarrollo psicomotor, presencia de tóxicos y evaluación diagnóstica nutricional en la población menor de 6 años que residía en la Cuenca Matanza Riachuelo; así como identificar criterios de vulnerabilidad para ser incorporados a una metodología de manejo de riesgo ambiental para la salud.

Fueron estudiados un total de 1.358 niños y niñas menores de 6 años (tabla 1) en 916 hogares, ubicados en 16 jurisdicciones de la CABA y de la provincia de Buenos Aires.

**Tabla 1. Distribución de niños y distribución de niños acumulada por edades. Fuente ENUDPAT, 2010**

Edad en años	N°	%	% acumulado
< 1 año	240	17,7	17,7
1	256	18,9	36,5
2	234	17,2	53,8
3	193	14,2	68,0
4	236	17,4	85,3
5	199	14,7	<b>100,0</b>
<b>Total</b>	<b>1358</b>	<b>100,0</b>	

ENUDPAT 2011 fue implementada con el objetivo de caracterizar los aspectos de salud, estado nutricional, del crecimiento físico y desarrollo psicomotor, y análisis toxicológico y su relación con los determinantes sociales, en niños y niñas menores de

6 años que tienen su residencia en los partidos de La Matanza y Florencio Varela, provincia de Buenos Aires, en 2011.

En ENUDPAT, las muestras se seleccionaron a partir de sistemas de información geográfica basada en los Censos Nacionales de Población 2001 y 2010. Se consideraron los radios censales cuya población presentara un porcentaje de NBI del 23,48% o superior. Se obtuvieron muestras en forma multietápica de tipo probabilístico. La unidad de muestreo fue la vivienda (Lejarraga et al., 2014)

EISAR comenzó a realizarse en 2011. Estudió a los individuos seleccionados (niños menores de 6 años, embarazadas y adultos mayores) de toda la población residente en un área específica e incluyó aspectos socio demográficos, nutricionales, (con antropometría), encuesta alimentaria, investigación de presencia de plomo y derivados del benceno, análisis toxicológico, evaluación cognitiva de adultos mayores, análisis espacial y abordaje cualitativo (Ídem).

## **I.5. Marco Metodológico**

El riesgo ambiental son situaciones que originan o profundizan daños directos o indirectos sobre algún/os o todos los aspectos que conforman el bienestar íntegro de la población (salud, bienes materiales, economía, productivas y culturales, etc.) (Natenzon, 1999).

En esta línea Wilches-Chaux (1995), define al riesgo como “la probabilidad de que ocurra un Desastre”, probabilidad que surge de la confluencia en un mismo espacio y tiempo de amenazas y vulnerabilidades.

El modelo conceptual de estimación del riesgo, no es un modelo determinista, ni se trata de un modelo que pueda analizarse sencillamente como una relación entre causa y efecto. Por el contrario, el modelo se presupone altamente no lineal y complejo (Vázquez et al., 2011).

Para alcanzar los objetivos planteados se procesaron datos de distintas fuentes de información con implicancia espacial. La Encuesta de Nutrición, Desarrollo Psicomotor y Análisis Toxicológico (EUNUPAT 2010 y 2011) y la Evaluación Integral de Salud en Áreas de Riesgo (EISAR) fueron espacializadas y vinculadas con datos

censales, de cobertura del suelo, infraestructura urbana y otros derivados de imágenes de satélite.

Dicho procesamiento se realizó a partir de la combinación de diversas técnicas de geo espaciales, de estadística espacial y también métodos utilizados en las ciencias de la computación como las redes neuronales artificiales.

El análisis se realizó a dos niveles, a pequeña escala se tomó el caso de EISAR de Villa 21 24, el cual posee características censales, y a mediana escala (cuenca) se analizaron los datos muestrales provenientes de ENUDPAT 1 y 2.

El procesamiento de las bases de datos de las distintas evaluaciones se realizó con el software SPSS 10. Para el geo procesamiento y la realización de cartografía, se utilizó el QGIS 2.2, mientras que para el procesamiento de imágenes se empleó el ENVI 4.8.

Además de la información provista por la DGSA de ACuMaR, se trabajó con datos del censo de población y viviendas de 2010 a nivel de radio censal georreferenciado, y con datos de imágenes satelitales provistos por Quaini (2011).

La metodología aplicada para el desarrollo de este trabajo (figura 1) integró diferentes tipos de fuentes de datos, formatos y escalas geográficas, para generar productos que permitieron la construcción del mapa de riesgo. En cada capítulo se profundizó con más detalle en los métodos, materiales y las herramientas empleados.

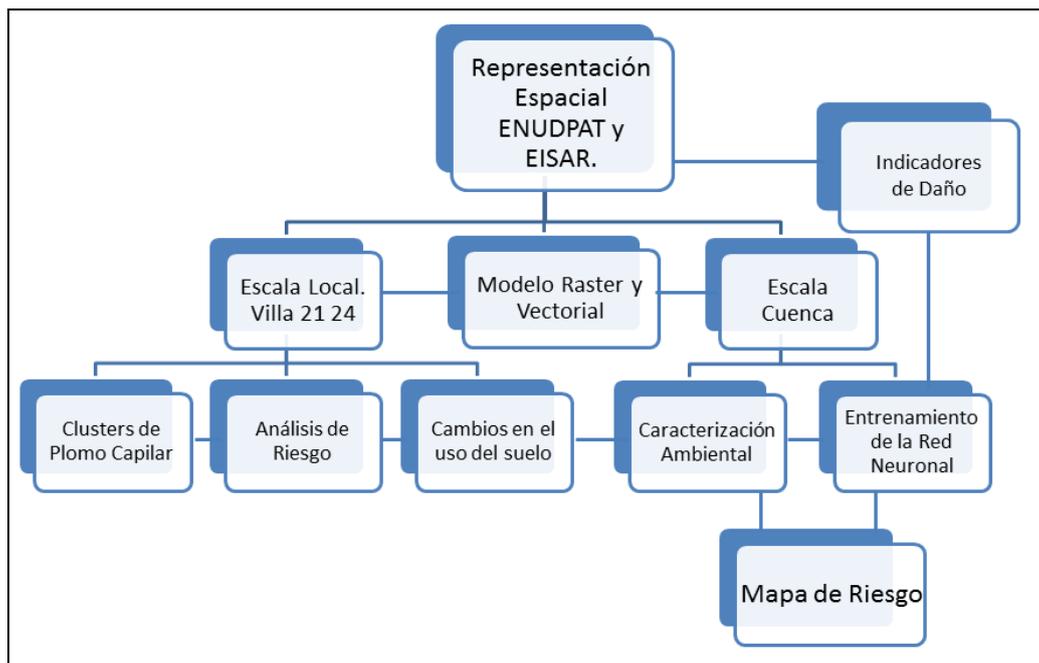


Figura 1. Esquema Metodológico de la Investigación

### **I.5.1. Formatos de los Datos Geográficos Utilizados**

Existen dos modelos para representar la información geográfica dentro de un SIG: el modelo de representación ráster y el modelo de representación vectorial (Figura 2).

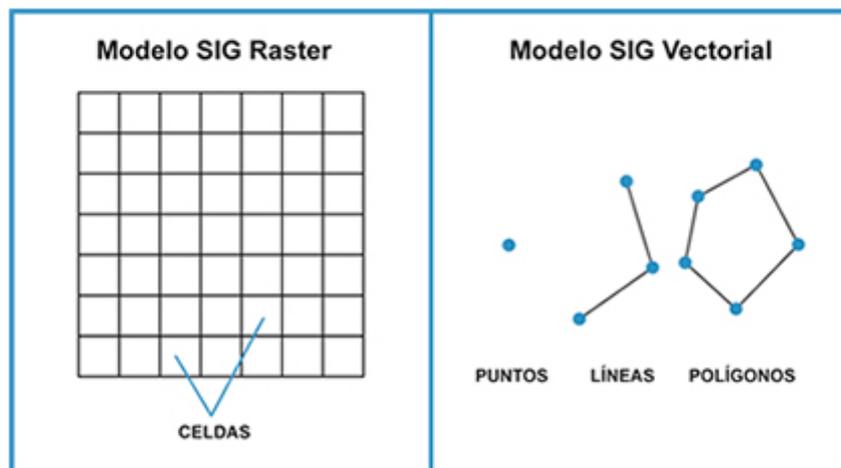
En el modelo vectorial, los datos geográficos se representan a partir de sus coordenadas. Las unidades básicas de información gráfica en los vectores son puntos, líneas y polígonos. Una línea es una colección de puntos interconectados, y un polígono es un conjunto de líneas interconectadas. Las dimensiones espaciales se incrementan en el mismo orden, un punto es adimensional, mientras que una línea posee una dimensión y un polígono dos dimensiones.

Los archivos vectoriales integran a su estructura una base de datos que contiene los atributos de las entidades geográficas, denominada tabla de atributos. Por ejemplo, una vivienda representada por un punto, puede albergar a una, dos, tres o más personas de diferentes edades (atributos); un asentamiento, en cambio, representado por un polígono, puede incluir cierto número de viviendas con agua de red o de pozo. Cualquier atributo asociado a una geometría (punto, línea o polígono) es susceptible de ser incluido a la base de datos de un archivo vectorial (Goodchild, 1992).

El formato vectorial es por definición relacional (ídem), ya que integra entidades de distinto tipo permitiendo establecer vinculaciones espaciales entre diferentes capas de información, por ejemplo es posible calcular los niveles más elevados de riesgo en un área particular, o identificar casos con plomo capilar dentro de un radio alrededor de un tipo de industria.

Las bases de datos tradicionales utilizadas en el marco de este trabajo fueron incluidas en archivos de formato vectorial permitiendo realizar diversos geo-procesos, análisis espacial y mapas temáticos.

En el modelo ráster, cada superficie a representar se divide en filas y columnas, formando una malla o matriz. La unidad mínima de información se denomina pixel (acrónimo del inglés picture element, “elemento de imagen”), que es un cuadrado o rectángulo que posee un valor numérico el cual representa una variable geográficamente referenciada. El aspecto de un archivo ráster es una imagen cuyos pixeles asumen diferentes niveles de gris (Mark & Csillag, 1989; Chuvieco, 2003).



**Figura 2. Modelo ráster y modelo vectorial**

En este trabajo se utilizaron diversos tipos de archivos ráster como imágenes satelitales, que representan variables continuas. También se construyeron este tipo de archivos con variables discretas (categóricas), por ejemplo cambios en la superficie de tierra o niveles de riesgo para la salud ambiental.

Se realizaron pasajes de formatos para adecuar los datos a los objetivos planteados y a las herramientas utilizadas. Principalmente se transformaron los archivos vectoriales a ráster con la finalidad de incorporar los mismos a un modelo por NNR.

### **1.5.2. La Cuenca Matanza Riachuelo**

Una cuenca hidrográfica es un área en la cual el agua proveniente de las lluvias se escurre a través del terreno y se reúne en un mismo río, lago o mar. En el caso de la Cuenca Matanza Riachuelo el agua de las precipitaciones forma arroyos que confluyen en un curso principal llamado Matanza en sus orígenes y Riachuelo en su tramo final.

La CMR está limitada por la cuenca de los ríos Reconquista, Salado y Samborombón y por la de los arroyos Maciel y Pereyra y con el Río de la Plata. La longitud máxima de la cuenca es de unos 72 km y el ancho máximo de 42km (Quaini, 2011).

Es un área de llanura que ocupa una superficie de 2240 km<sup>2</sup>, con una longitud media de 64 km, en el recorrido de su curso principal. Antes de desembocar en el Río

de la Plata, atraviesa una de las regiones más densamente pobladas del continente: la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y 14 municipios del conurbano bonaerense. Nace en el partido de Cañuelas y sigue una dirección SO - NE y en su cuenca baja constituye el límite Sur de la CABA. Este curso es el más contaminado del país y ha sido calificado en varias oportunidades, como uno de los sitios más contaminados del mundo (Blacksmith Institute & Green Cross Switzerland, 2013)

La cuenca comprende tres Jurisdicciones: Nación, Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Provincia de Buenos Aires, esta última contando con 14 municipios dentro de la CMR (figura 3).

A mediados del siglo XIX las autoridades sanitarias ya habían verificado que en las aguas del Riachuelo no existía vida orgánica, lo que daba un indicio del altísimo grado de contaminación. Hoy En su interior concentra más de tres millones y medio de personas, muchas de las cuales viven en condiciones sumamente precarias. (Télam, 2014).

La Cuenca Alta es un área suburbana con baja densidad poblacional y donde el uso del territorio es predominantemente agropecuario. Se extiende desde las nacientes de los tributarios del río Matanza hasta la desembocadura del arroyo Chacón, y comprende los Partidos de Presidente Perón, San Vicente, Marcos Paz, General Las Heras y Cañuelas (ACuMaR, 2006).

La Cuenca Media pertenece a un área periurbana en expansión, con densidad poblacional intermedia y donde el uso del territorio es predominantemente residencial. Se extiende desde la desde la desembocadura del arroyo Chacón hasta el Puente La Noria, comprendiendo los Partidos de La Matanza, Merlo, Morón, Ezeiza, Esteban Echeverría y Almirante Brown (Ídem).

La Cuenca Baja Corresponde a un área fuertemente urbanizada e industrializada. se extiende desde el Puente La Noria hasta la desembocadura del Río, comprendiendo los Partidos de Avellaneda, Lanús y Lomas de Zamora y Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Ídem).

La CMR sufre una degradación histórica. Ya durante la colonia se hicieron evidentes los problemas de contaminación. El espacio natural que constituía la cuenca en sus comienzos se fue transformando por las acciones de la sociedad para satisfacer las necesidades habitacionales y las aspiraciones productivas y comerciales (Malpartida, 2001).

En el año 1801 se instalaron los primeros saladeros en las márgenes del río que comenzaron a arrojar restos de cuero, carne, huesos y grasa de animales al Riachuelo. Diez años después el río ya estaba contaminado por la actividad de las curtiembres, mataderos y graserías (Greenpeace, 2010).

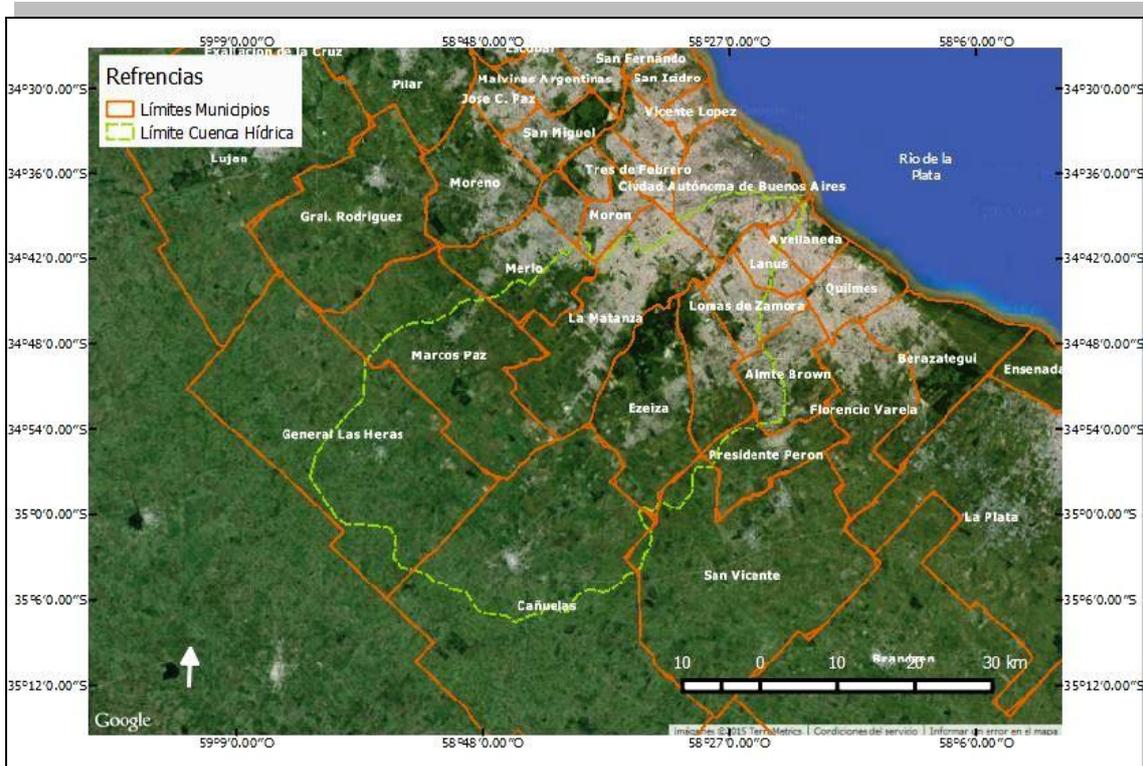


Figura 3. La Cuenca Matanza Riachuelo y su división política.

Los problemas ambientales impactan en la sociedad en general, en la Cuenca viven más de dos millones de personas que conviven con los efectos de la degradación ambiental. Este sector de la población tiene los índices más elevados de pobreza y vulnerabilidad y menos posibilidades para mitigar los efectos nocivos de la contaminación. Actualmente concentra áreas con los mayores niveles de desempleo y pobreza de la Argentina (De Pietri et al., 2011).

Según estimaciones del INDEC (2013) realizadas a partir del censo nacional de 2010, la Provincia de Buenos Aires esta en primera posición en cuanto a distribución porcentual de hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas con un 35.1; le siguen los 24 partidos del Gran Buenos Aires con 24.4; y en tercer lugar se encuentra el Interior de la Provincia de Buenos con un 10.7.

## **II- REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE CASOS RESULTADOS DE ENUDPAT I y II**

- *Georreferenciación de Casos*
- *Indicadores de Daño para la Salud Ambiental*

Un Sistema de Información Geográfica (también conocido con los acrónimos SIG en español o GIS en inglés) es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real. Estos datos están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz (Londoño-Linares et al., 2007).

En el sentido más estricto un SIG es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (Santovenia Díaz, 2009).

Los SIG tienen un alto impacto en las estrategias de salud pública en relación con la vigilancia epidemiológica, la evaluación de riesgos, el análisis, control y prevención de las enfermedades humanas. Esencialmente, cualquier fenómeno relacionado con la salud se puede definir espacialmente (Kistemann et al., 2002).

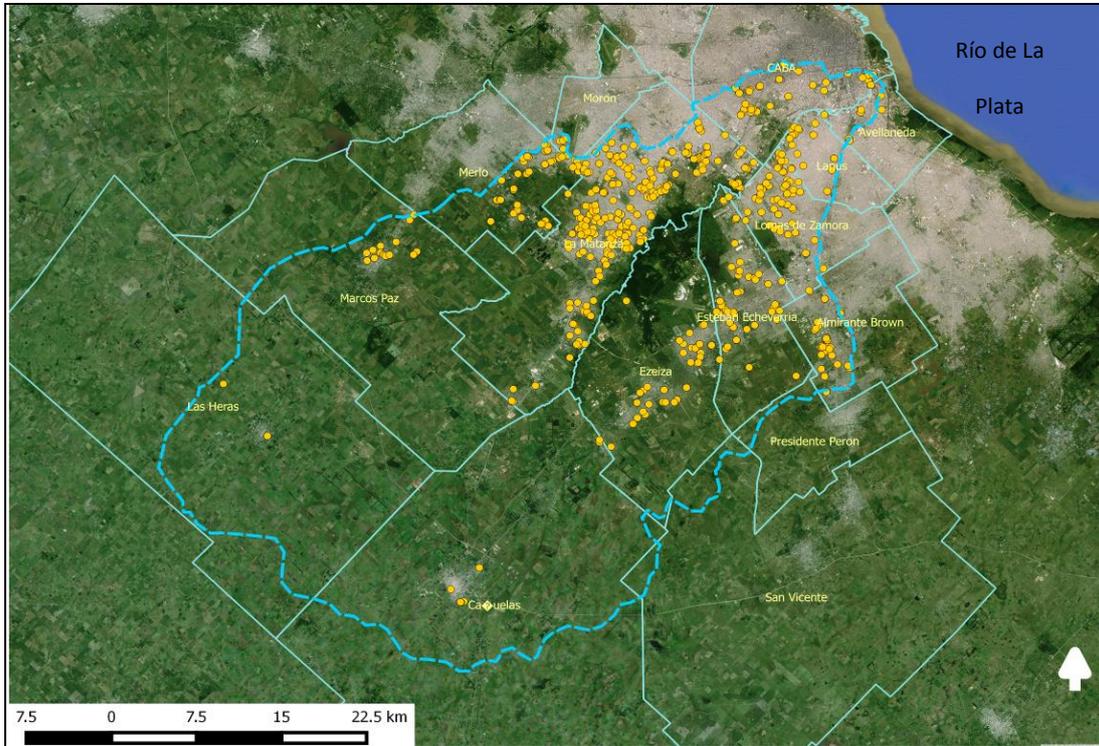
Para la representación espacial de los datos fueron realizados distintos procesamientos: por un lado los datos de ENUDPAT I y II (figura 4 y 5) tuvieron que ser georreferenciados caso a caso por las direcciones postales de las viviendas. Para lo cual, se utilizó el programa en línea de uso libre batchgeo.com (2013).

Los domicilios que no pudieron ser ubicados por este método (30 % de los casos) fueron asignados dentro del radio censal al cual correspondían, empleándose el geo proceso de asignar puntos al azar (casos) dentro de un polígono (radio). Vale aclarar que cada caso posee el dato de su respectivo radio censal. La ventaja de realizar este geo-proceso radica en que estos datos pudieron ser utilizados en el análisis, de otra forma deberían haberse desechado.

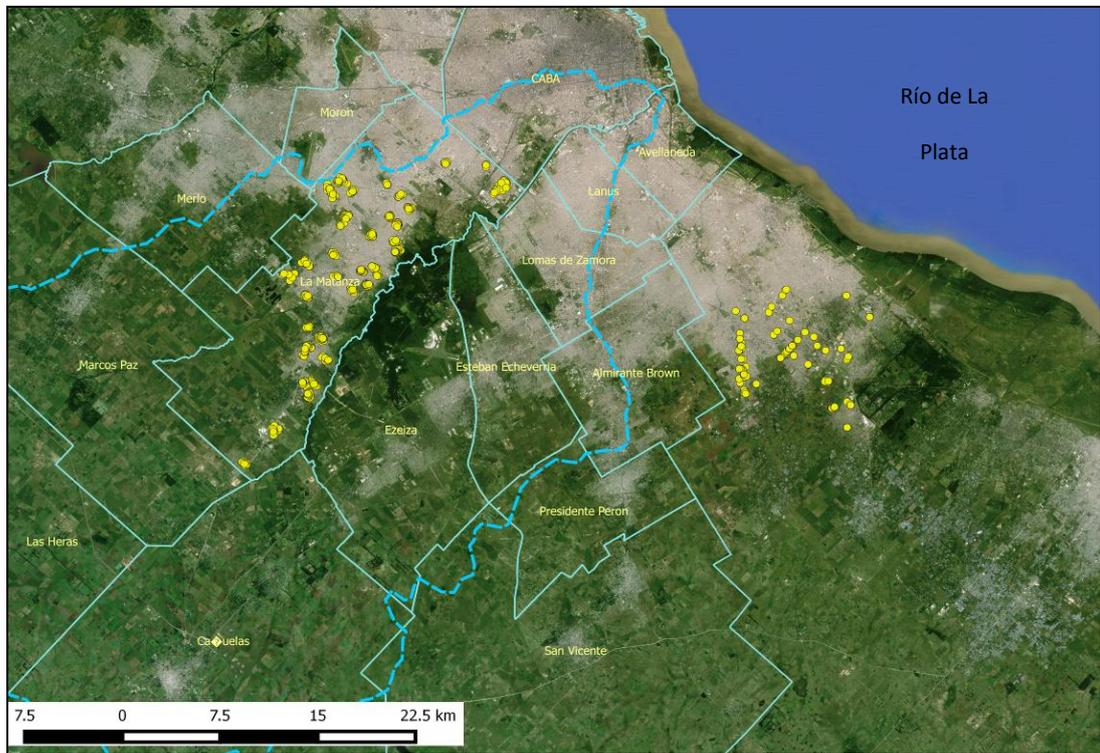
De la base de datos ENUDPAT 1 se obtuvieron 1012 domicilios, y de la base de ENUDPAT 2 se obtuvieron 752 pertenecientes a la Matanza. La manipulación, pre procesamiento y representación de los datos espaciales fue realizada con el programa libre Qgis (2013).

Se utilizó el sistema de coordenadas geográficas datum WGS 1984, (Sistema Geodésico Mundial) y en los casos que se requirió medir superficies o distancias se

optó por proyectar los datos a PosGAR 98 (Posiciones Geodésicas Argentinas), Faja 5 correspondiente al área de estudio. No se utilizó un sistema más moderno ya que muchas de las capas de información secundaria se encontraban georeferenciadas en estos sistemas.



**Figura 4. Georreferenciación de viviendas evaluadas en ENUDPAT 2010**



**Figura 5. Georreferenciación de las viviendas de ENUDPAT 2011**

## **II.1. Indicadores de Daño para la Salud Ambiental**

La salud humana depende de la capacidad de una sociedad para mejorar la interacción entre las actividades humanas y los ambientes físico, químico y biológico. Esto debe hacerse de manera que se salvaguarde y promocióne la salud humana, pero sin amenazar la integridad de los sistemas naturales de los cuales depende el ambiente. Los ambientes físico y biológico incluyen todo, desde los ambientes inmediatos de trabajo y el hogar hasta el nivel regional y nacional y, desde luego los ambientes globales (Kjellstrom et al., 2002).

La exposición al plomo y los factores nutricionales se asocian entre sí y con el rendimiento cognitivo. Por otra parte, la toxicidad del plomo y el estado nutricional también se asocian entre sí (Kordas et al., 2015). Con respecto a la concentración de plomo en sangre se ha probado un deterioro cognitivo en niños inclusive con niveles de plomo menores a 10 mg/dl (Tellez-Rojo et al., 2006).

En la Cuenca Matanza Riachuelo existen antecedentes de personas afectadas por residuos de origen industrial, dos estudios realizados por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) en una población de la Villa Inflamable, lindera a polo petroquímico de Dock Sud, dio como resultado que el 50 % de los niños analizados tienen niveles de plomo en sangre más altos que lo normal (contra un 17.16% en la población de control). El estudio señala un porcentaje alto (y estadísticamente significativo) de coeficientes intelectuales bajos entre los niños de Villa Inflamable y un porcentaje más alto (también significativo) de problemas respiratorios, de alergias, neurológicos y de conducta (JICA I, 2002; JICA II, 2003).

En este marco epidemiológico se abordó la representación de los datos de EISAR, estos son viviendas con casos de plomo capilar, anemia y trastornos del desarrollo. También se identificaron cuales de estos habitaban en villas o asentamientos precarios. Aquí se decidió cuantificar y clasificar estas variables, incorporarlas espacialmente en un índice que incluya cuatro niveles de daño según la presencia / ausencia de algunas de ellas (figura 6).

- **Casos con Plomo capilar por encima del valor de referencia.**

Los niños de corta edad son especialmente vulnerables a los efectos tóxicos del plomo, que puede tener consecuencias graves y permanentes en su salud, afectando

en particular al desarrollo del cerebro y del sistema nervioso. El plomo también causa daños duraderos en los adultos, por ejemplo aumentando el riesgo de hipertensión arterial y de lesiones renales. En las embarazadas, la exposición a concentraciones elevadas de plomo puede ser causa de aborto natural, muerte fetal, parto prematuro y bajo peso al nacer, y provocar malformaciones leves en el feto. El plomo también puede provocar trastornos en el desarrollo para el aprendizaje y anemia (OMS, 2013).

- **Casos con anemia**

Existe una fuerte sinergia negativa entre la contaminación por plomo y anemia. El plomo reemplaza al calcio y al hierro por lo tanto ante falta de estos nutrientes el organismo incorpora el contaminante (Molina, 2012). La anemia se relaciona con la pobreza, la nutrición deficiente y las condiciones sociales. (Durán et al., 2009)

- **Casos que no pasaron la Prueba Nacional de Pesquisa PRUNAPE**

La Prueba Nacional de Pesquisa PRUNAPE es un instrumento para la detección oportuna de problemas inaparentes de desarrollo en niños menores de seis años. Consta de 79 pautas madurativas pertenecientes al área motriz fina y gruesa, lenguaje y personal –social. El reconocimiento temprano de muchos problemas de desarrollo conllevan una serie de ventajas: mejora la respuesta al tratamiento, reduce la deserción escolar, disminuye la necesidad de institucionalización y mejora la calidad de vida del niño y de su familia. Los problemas en el desarrollo están asociados a déficit alimentario y por esto también a la presencia de plomo y otros contaminantes en el organismo (Lejarraga et al., 2014).

- **Casos que residan en villas o asentamientos precarios.**

Según Cravino et al. (2006) en la Ciudad de Buenos Aires, el fenómeno de los “asentamientos informales” se centra en la modalidad villas, mientras que en el conurbano se observa además la presencia de asentamientos o tomas de tierras. Estimaciones realizadas por Cravino et al. (2008) en base a datos relevados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) sobre una población total de 1.338.386 personas, en el 2006 el 10% de ella (139.871 personas) vivían en 73 villas o asentamientos. Estas villas ocupaban para esa fecha una superficie de 1.172,9 hectáreas, y presentaban una densidad poblacional promedio de 119 habitantes por hectárea. Las villas y asentamiento precarios de la CMR poseen características ambientales en común que los transforman en una amenaza para la salud de sus pobladores. Por ejemplo, la falta de saneamiento básico, agua y cloacas. Terrenos bajos inundables. Residuos utilizados como relleno para edificar las viviendas.

Pobreza estructural. Falta de acceso a servicios públicos / privados. Niveles bajos de escolarización. Baja calidad de materiales en la vivienda. Exclusión social y espacial. Son algunos de los problemas que en mayor o menor medida afectan a la salud ambiental de estos barrios.

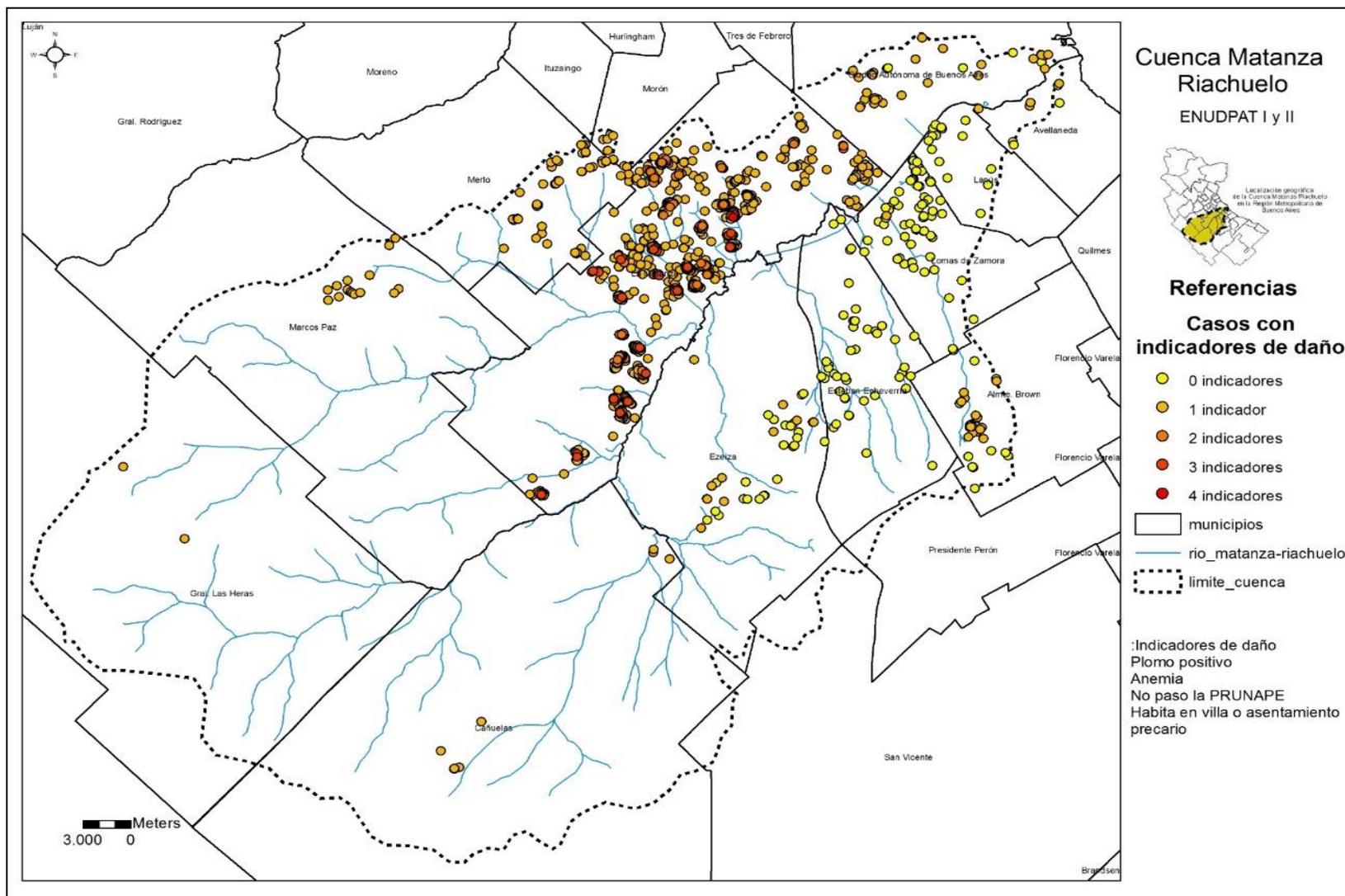


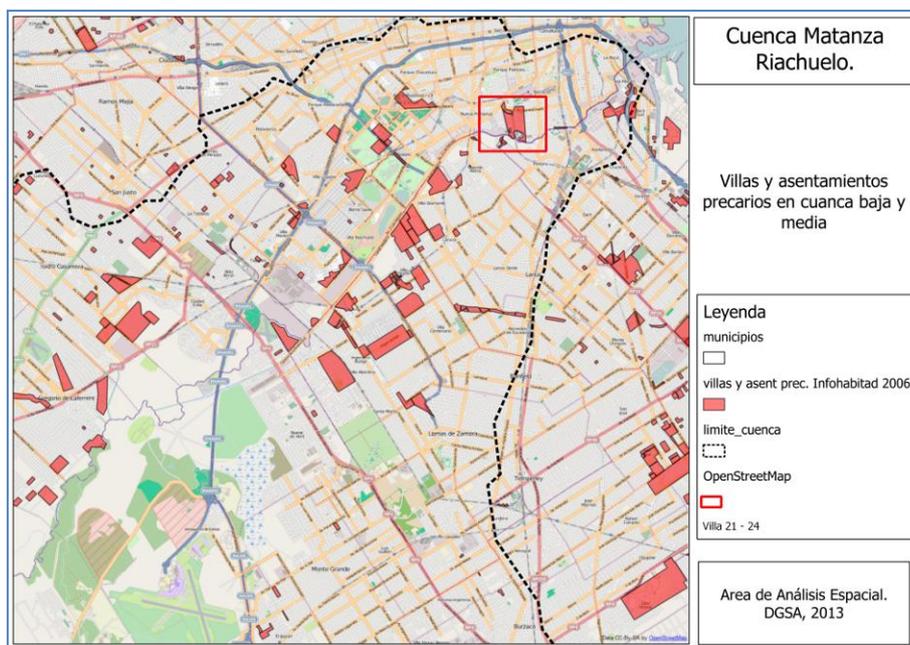
Figura 6. Georreferenciación de hogares con indicadores de daño

### **III- ESTUDIO DE CASO: VILLA 21 – 24**

- *Representación Espacial de los Resultados de EISAR de Villa 21-24*
- *Análisis Espacial de la Distribución de Plomo Capilar*
- *Detección Espacial de Agrupamientos de Alto Riesgo*
- *Evaluación de Riesgo*

En este capítulo se abordó la problemática de salud de la población desde la perspectiva del riesgo ambiental, para lo cual se integraron datos toxicológicos, nutricionales, de desarrollo cognitivo y de las características ambientales de las viviendas del área de estudio. Los datos fueron integrados a un SIG y manipulados en diversos formatos que permitieron realizar distintos análisis y evaluaciones con implicancia espacial.

La Villa 21 24 (figura 7) se encuentra en la comuna 4, en el barrio de Barracas, al sur de la CABA. La Comuna 4 junto con las comunas 8 y 9 perteneces a la CMR y se encuentran en un valle de terrenos bajos e inundables predominantemente de uso industrial (figura 8).



**Figura 7. Villas y asentamientos de la cuenca media y baja, Ubicación de la Villa 21-24.**

A partir de los años 60, la población de 21 -24 se fue incrementando hasta la década del 70. Luego la variación en la población residente fue variando dependiendo de múltiples aspectos políticos y económicos. Las primeras familias se ubicaban en las cercanías del ferrocarril y de los cordones industriales los nuevos residentes se asentaron los lugares menos favorecidos desde lo ambiental (Suárez et al., 2014).

La evolución de la población residente en villas y asentamientos precarios, presenta cuatro períodos bien diferenciados (Censo Nacional de Población, 2010)

- El primero transcurrió entre los años 1960 y 1970 con un incremento anual del 19,3%.
- El segundo período, entre 1970 y 1976 tuvo un aumento menor (18,6% anual).
- El tercer período transcurrió entre 1976 y 1980 registrando una significativa reducción de la población (21% anual), debido a la política de erradicación de villas de emergencia que se inició en 1977 (se erradicaron 17 villas reduciendo la población en un 84%).
- El cuarto período, que va entre 1980 y 2010, la población vuelve a incrementarse; pero si bien lo hace en un 380%, no llega a compararse en números absolutos, con los valores históricos de gran magnitud observados en 1976).

Sin embargo a partir del año 2000 también se puede observar, en base a imágenes satelitales, un aumento de la superficie edificada en la Villa 21-24, lo cual se analizó en profundidad en el capítulo IV.



**Figura 8. Comuna 4 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ubicación de Villa 21 24**

En relevamientos territoriales realizados en el marco de la EISAR se pudieron constatar situaciones de extrema pobreza, hogares hacinados, residuos esparcidos tanto dentro como por fuera de las viviendas. También es claro que los predios fueron y son rellenos con residuos (figura 9), lo cual desde lo sanitario empeora aún más la situación de salud de los pobladores.



**Figura 9. Vista de la Villa 21 24 del margen opuesto al asentamiento.**

### **III.1. Representación Espacial de los Resultados de EISAR de Villa 21-24**

A continuación se presentan los mapas con los tres universos de personas que constituyen la población objetivo de la EISAR 2012 en Villa 21-24, niños y niñas menores de 6 años, embarazadas y adultos mayores (60 años y más).

En la EISAR de la Villa 21-24, se listaron un total de 3.135 viviendas. Se evaluó a un total de 962 niños menores de 6 años, a 95 embarazadas y 158 adultos mayores.

A los niños se les realizó un total de 2.520 evaluaciones: 845 nutricionales; 851 de desarrollo psicomotor; y 824 toxicológicas.

A las mujeres embarazadas se les realizó un total de 269 evaluaciones: 93 nutricionales, 88 toxicológicas, y 88 evaluaciones de anemia a través del dosaje de hemoglobina.

A los adultos mayores se realizó total de 316 evaluaciones: 158 nutricionales, y 158 de anemia a través del dosaje de hemoglobina.

Los resultados de la encuesta arrojaron que el 25% de niños resulto positivo en la prueba de plomo capilar, además que el 21,5% muestra un "probable retraso en

su desarrollo", según la PRUNAPE. La prevalencia de anemia en menores de 2 años fue del 32,1%, y en las embarazadas, del 21,8%.

Se presentan los mapas con los tres universos de personas que constituyen la población objetivo de la EISAR 2012 en Villa 21-24, niños y niñas menores de 6 años, embarazadas y adultos mayores (60 años y más).

- **Niños menores de 6 años y adultos mayores de 60**

En la figura 10 se presenta la distribución espacial de las viviendas relevadas que discrimina donde habitan niños menores de 6 años y adultos mayores. Sobre la mitad sur del barrio se localiza la mayoría de los niños relevados en el estudio. Además de haber una mayor densidad poblacional en esta área, se reconoce una proporción mayor en la porción de territorio sur del barrio.

En cambio la distribución espacial de los adultos mayores difiere a la de los menores. Los primeros se distribuyen sobre las áreas periféricas del barrio, con una concentración mayor sobre el margen norte junto a la calle Luna. La otra zona de mayor concentración corresponde al sector suroeste del barrio.

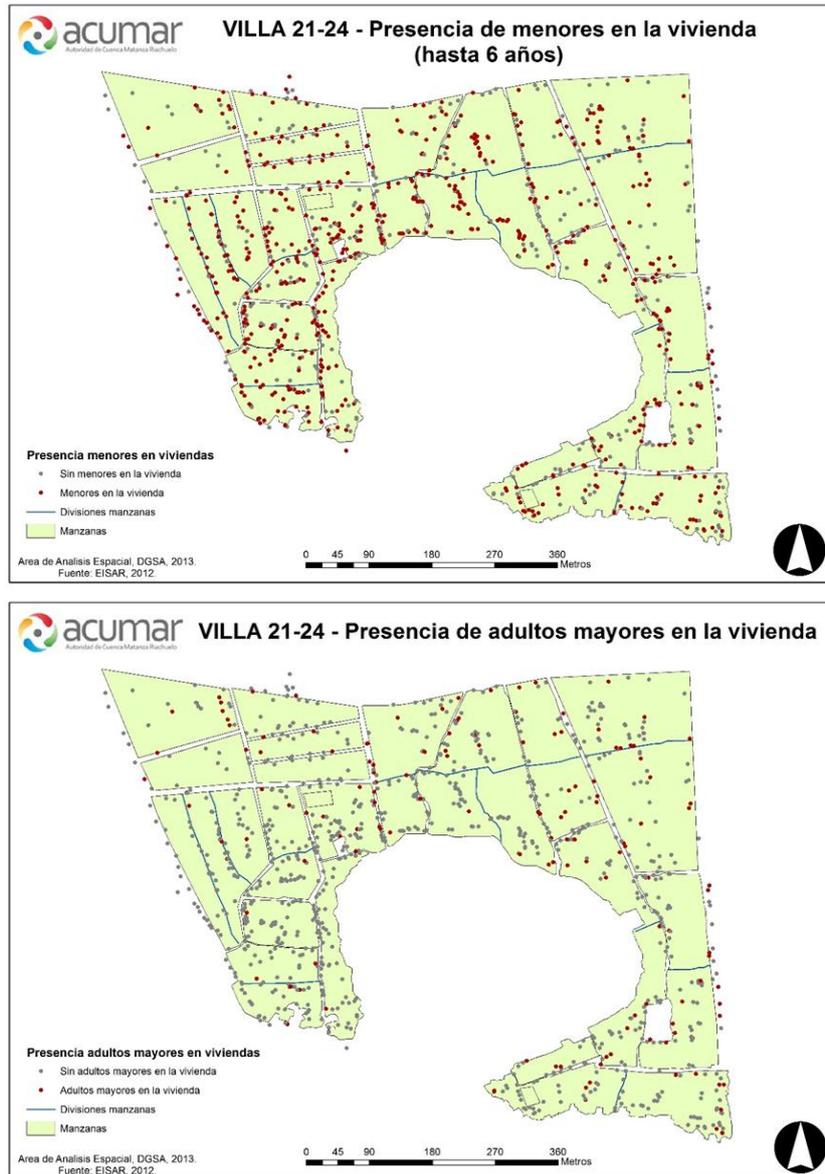


Figura 10. Distribución de adultos mayores y niños menores de 6 años

- **Embarazadas**

En la figura 11 se presenta la distribución espacial de las viviendas relevadas que discrimina donde habitan mujeres embarazadas y donde no. La distribución sobre el área del barrio muestra algunas zonas de mayor concentración de viviendas habitadas por mujeres embarazadas. El patrón de distribución de las embarazadas es similar al de los menores de 6 años, con una mayor concentración en el sector sur-este.



**Figura 11. Distribución de embarazadas**

### III. 2. Análisis Espacial de la Distribución de Plomo Capilar por Encima del Valor de Referencia.

La detección espacial de hogares y viviendas con niños que presentan niveles de plomo (tabla 2) por encima del valor de referencia (>VdeR), permite tener un panorama general de su comportamiento en la población evaluada, particularmente en los grupos más vulnerados (figura 12).

**Tabla 2. Disponibilidad de datos de plomo capilar según universo, EISAR, 2013.**

Universo de estudio	Total	Con datos de plomo	
		Cantidad	Porcentaje
Viviendas con niños menores de 6 años	627	537	85,6%
Viviendas con embarazadas	92	84	91,3%

- **Niños menores de 3 años y de 3 a 5 años con plomo capilar por encima del VdR**

En la figura 12 se observa la distribución espacial de niños menores de 3 años y de 3 a 5 años con plomo por cada una de las viviendas relevadas. En la mayoría de

las viviendas se encontró un niño menor de 3 años con plomo (99 casos), en tanto que sólo en 6 casos habitaban 2 niños con plomo en la vivienda y sólo 1 caso con 3 niños con valores por encima del VdR en la vivienda. La mayoría de casos observados se concentra sobre la mitad oeste del barrio (izquierda en la imagen), salvo el caso de la vivienda donde se encuentran 3 niños con plomo capilar por encima del VdR.

Existen 74 viviendas con 1 niño de tres a 5 años con plomo y 7 viviendas con 2. Se encuentran menos casos de viviendas con niños con plomo capilar por encima del VdR en este rango de edad que en los menores de tres años, se evidencia que los niños menores de 3 años tienen niveles más elevados de plomo capilar que los mayores.

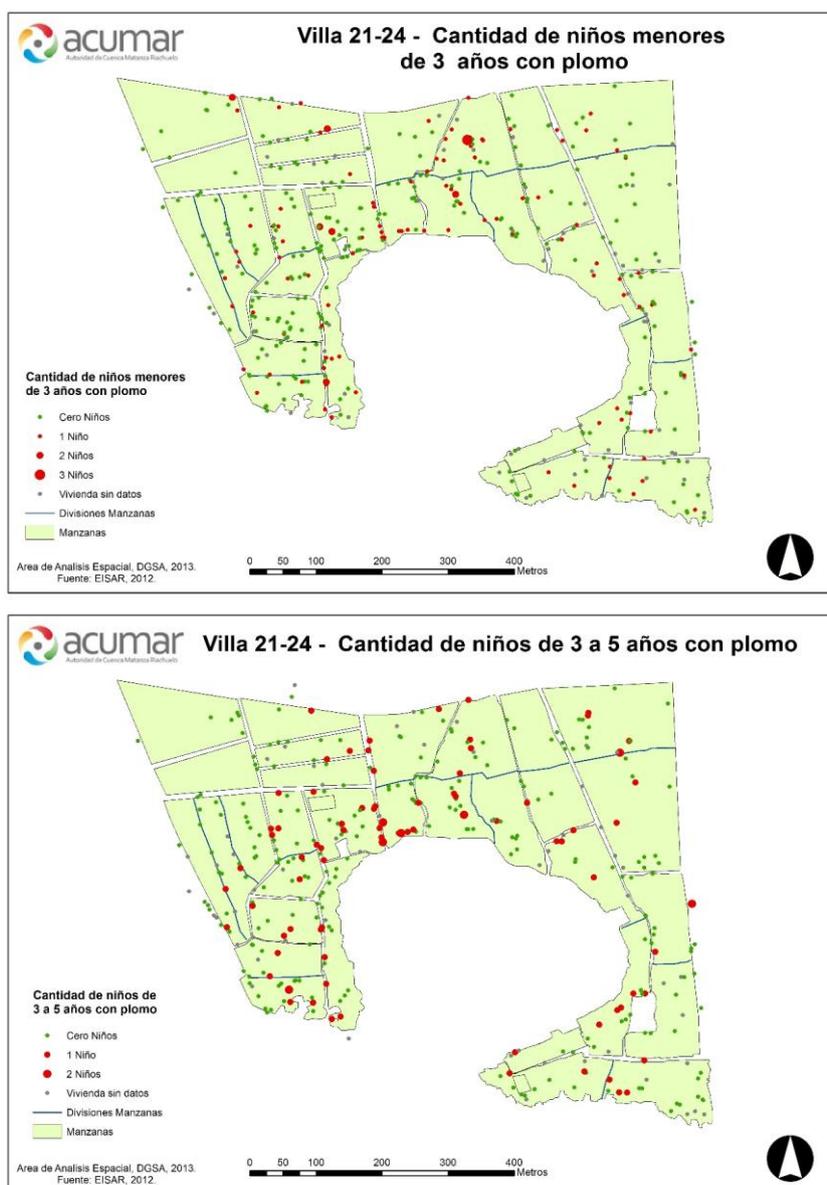
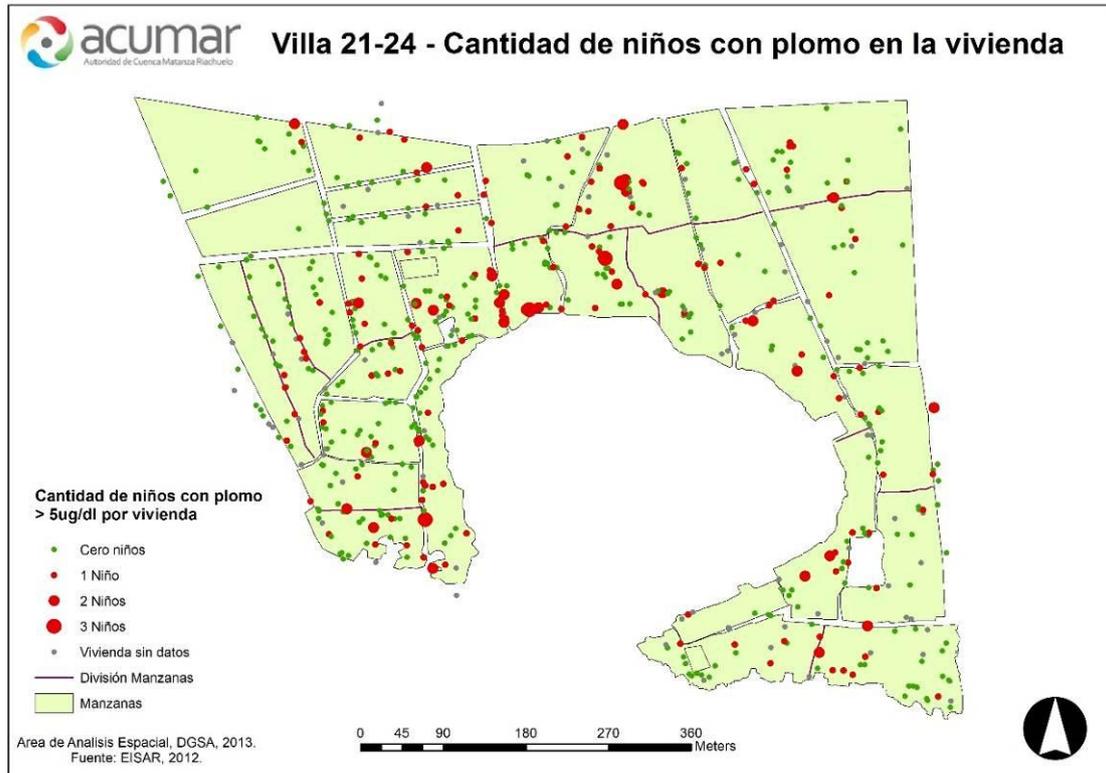


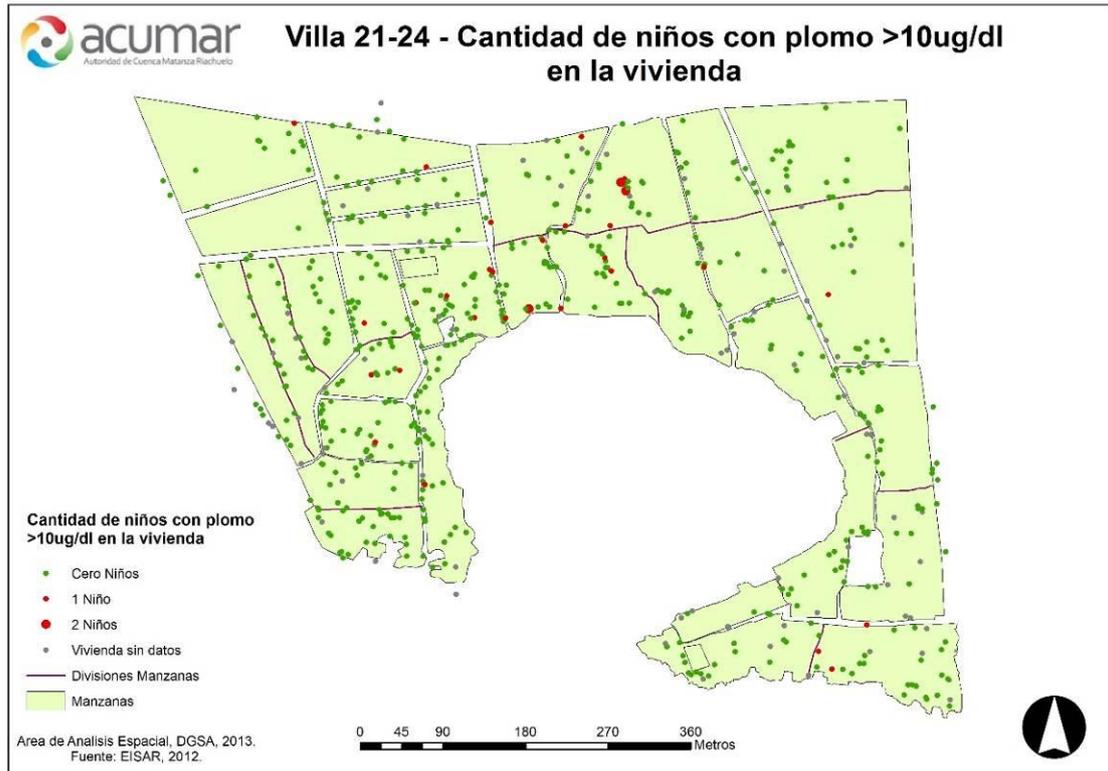
Figura 12. Distribución de Niños por edades con plomo por encima del VdR

En la figura 13 se sintetiza el total de niños con plomo >5ug/dl por vivienda. La mayoría de los casos se distribuye por las zonas centro y suroeste del barrio.



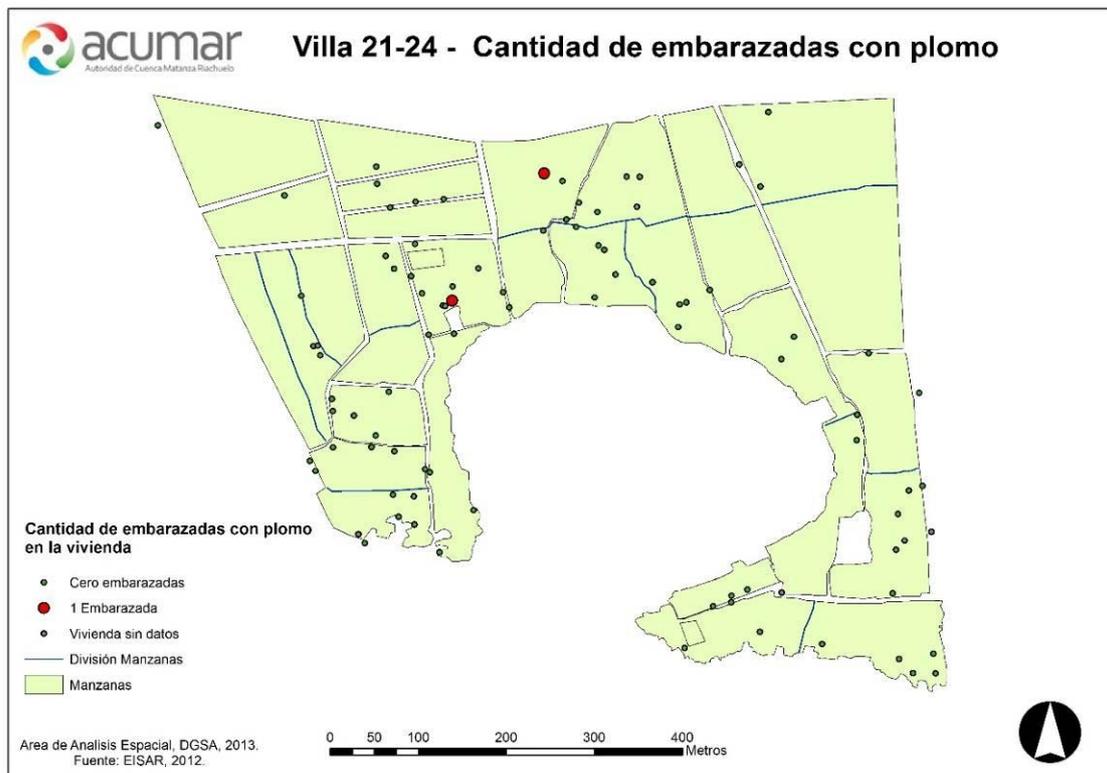
**Figura 13. Distribución de niños menores de 6 años con plomo por encima del VdR**

La gran mayoría de las viviendas encuestadas no presenta casos de niños con plomo > 10 ug/dl (Figura 14).



**Figura 14. Distribución de niños menores de 6 años con plomo por encima del VdR**

Se registraron dos casos de mujeres embarazadas con plomo (figura 15), de un total de 84 estudiadas (2,4%).

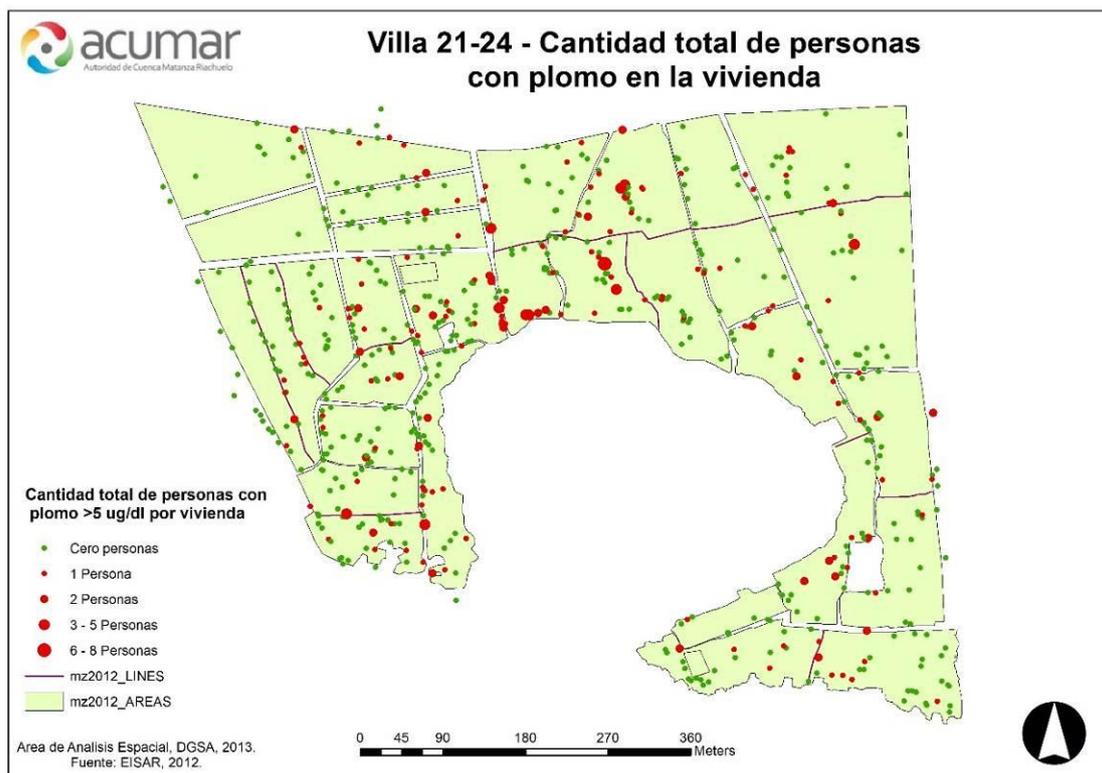


**Figura 15. Distribución de embarazadas con plomo por encima del VdR**

De la distribución espacial del total de personas con plomo (figura 16), se observa que la mayor densidad de casos, se agrupan en la zona centro de la Villa 21-24. Un 53,3% de las viviendas con casos de plomo > VdR presenta una sola persona afectada y una cuarta parte de esas viviendas muestran dos personas afectadas (23%). Se observaron algunos casos extremos con una elevada cantidad de personas con plomo > al VdR por vivienda (rango entre 6 y 11 personas). Estos casos representan un 0,6% del total. Un 14% de las viviendas no presenta casos de personas con plomo > al VdR (tabla 3).

**Tabla 3. Total personas con plomo en la vivienda incluye a embarazadas y menores de 6 años.**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Total de personas en la vivienda	1	334	53,3	53,3
	2	144	23,0	76,2
	3	37	5,9	82,1
	4	13	2,1	84,2
	5	6	1,0	85,2
	6	1	,2	85,3
	8	1	,2	85,5
	11	1	,2	85,6
	S/D	90	14,4	100,0
	Total	627	100,0	



**Figura 16. Distribución del total de personas con plomo por encima del VdR.**

En la tabla 4 se presentan los máximos niveles de plomo registrados en los niños por cada vivienda. Se agruparon los resultados según puntos de corte. El primer estrato muestra que no hay presencia de plomo según el punto de corte de  $< 5 \text{ ug/dl}$ ; el segundo estrato abarca de 5,1 a 9,9  $\text{ug/dl}$ ; y el tercero muestra niveles superiores a 10  $\text{ug/dl}$ .

**Tabla 4. Viviendas con niños menores de 6 años según el máximo nivel de plomo capilar, en porcentajes. Villa 21-24, 2012.**

Viviendas con niños menores de 6 años estudiadas	Porcentaje
Con plomo capilar hasta 5 $\text{ug/dl}$	75,0
Con plomo capilar $>5 \text{ ug/dl}$	25,0
5,1 a 9,9	21,0
10 y más	4,0
Total	100,0

Los máximos niveles de plomo se agrupan en torno al área centro y suroeste de la villa 21-24 (figura 17), donde se presentan las condiciones ambientales más críticas para la salud de toda el área relevada. La mayor concentración de casos de

plomo capilar  $>10\text{ug/dl}$  se ubica en torno a la ribera del Riachuelo y a menos de 100 metros de distancia. También se destaca un agrupamiento de casos en el extremo inferior derecho del mapa, que corresponde al sector sureste situado junto a la ribera del Riachuelo. En el próximo apartado se aplicara un método automático de detección de agrupamientos espaciales.

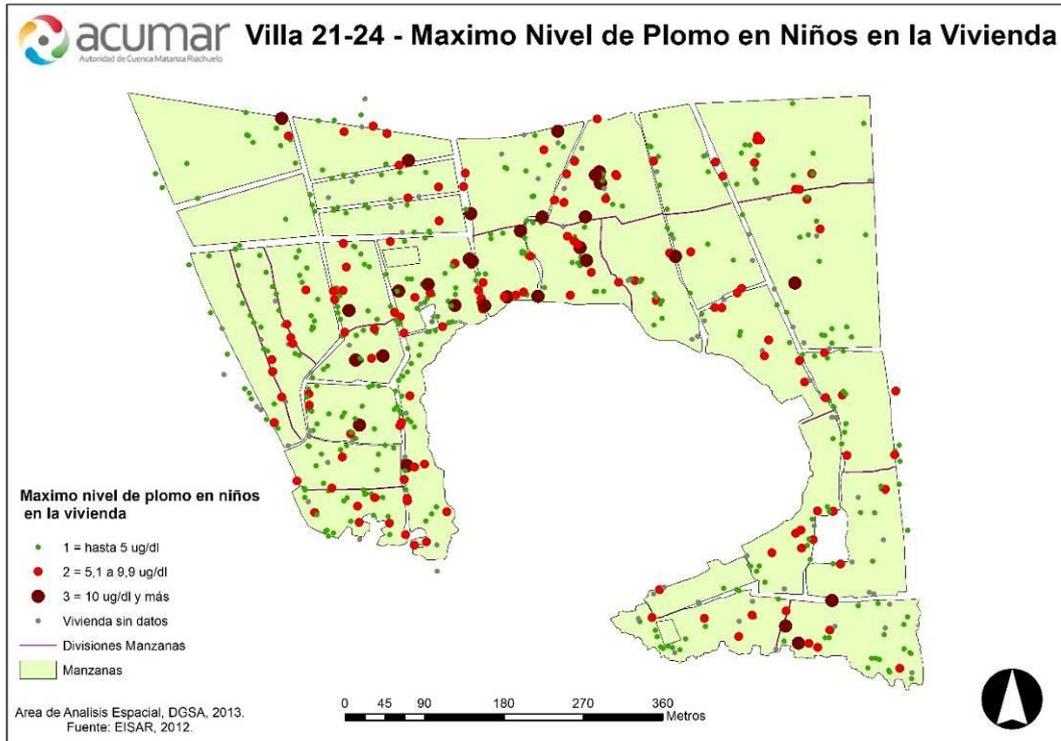


Figura 17. Distribución del máximo nivel de plomo capilar en niños en la vivienda

### III. 3. Detección Espacial de Agrupamientos de Alto Riesgo Según Plomo Capilar

En este apartado se presentan los agrupamientos o clúster de viviendas con personas con concentración de plomo capilar en sangre por encima del VdR. Se determinaron 3 niveles de riesgo a partir de los agrupamientos obtenidos.

Para el cálculo de los cluster se utilizó el software libre SATSCAN. En un estudio (Godofredo Pebe et al., 2008), usaron con éxito este software para la detección de clúster de plomo en sangre de recién nacidos

Cada clúster tiene en cuenta los hogares y viviendas con mayor riesgo relativo calculado como cociente entre el número de hogares observados, y el número de hogares esperados.

Los hogares esperados se modelan a partir de una distribución ordinal bajo la hipótesis nula que los hogares están distribuidos al azar en el área, esto es, que cada región tiene la misma probabilidad de encontrar hogares positivos (Pb capilar > al VdR). Dicho análisis se realizó con el programa SaTScan (Kulldorff, 1998; Kulldorff et al., 2004).

Con el modelo ordinal, cada observación es un caso, y cada caso pertenece a una de varias categorías ordinales. Dichas categorías se fijaron de acuerdo a la cantidad de personas con plomo capilar por encima del valor de referencia que se detectó en la vivienda.

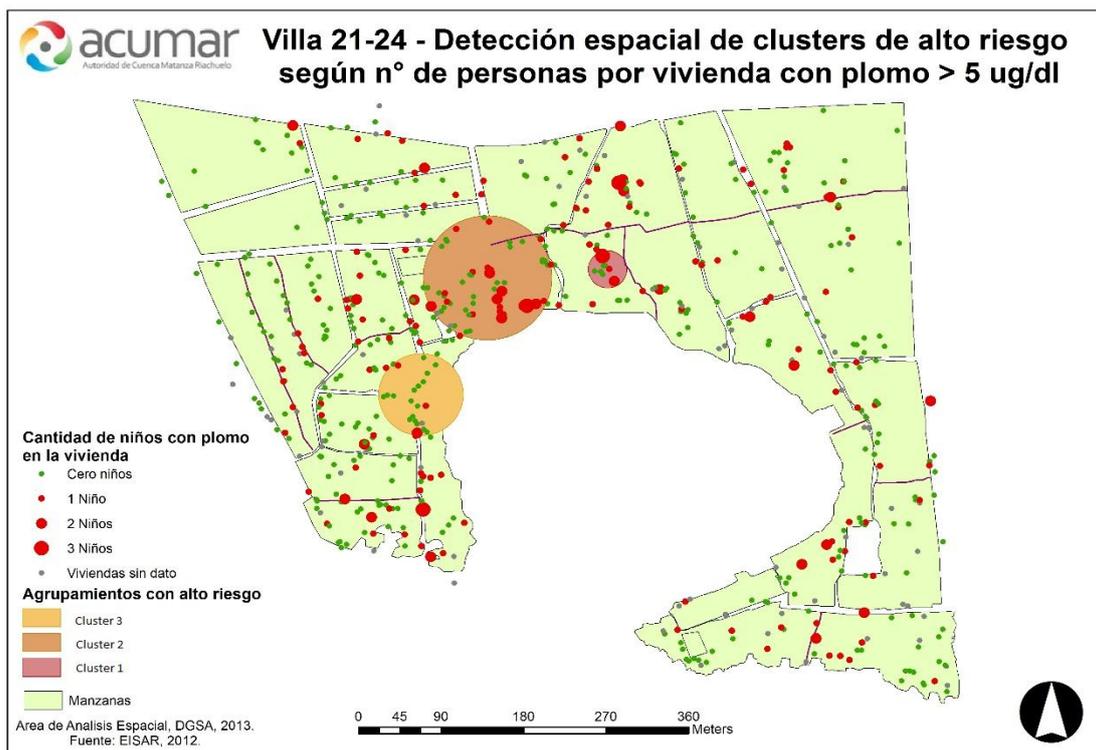
Si hubiera dos categorías, el modelo ordinal es idéntico al modelo de Bernoulli, donde una categoría representa los casos y la otra categoría representa los controles.

Los casos en el modelo ordinal pueden ser una muestra de una población, o como en villa 21 24, pueden constituir un conjunto completo de observaciones (censo).

El algoritmo evalúa una gran cantidad de círculos de diferentes radios (999), en busca de áreas con alta probabilidad de encontrar hogares con individuos con plomo por encima del VdR. Para cada clúster se dispone de información acerca de la ubicación y el tamaño de la agrupación (Figura 18). En este caso la significancia estadística varía a medida que disminuye el riesgo relativo de cada clúster, así para el clúster 1 el p valor es 0.001 (tabla 5), siendo la agrupación con más probabilidades de encontrar casos (viviendas) con plomo capilar elevado.

**Tabla 5. Resultados geo estadísticos del software Sat Scan**

Cluster 1	
Coordenadas / radio:	(58.397940 S, 34.657679 W) / 0.011 km
Total casos	14
Categoría	[2, 3, 4], [5]
Numero de casos	1, 13
Casos esperados	12.98, 1.02
Observados / esperados	0.077, 12.73
Riesgo Relativo	0.073, 50.84
Cociente de Verosimilitud	37.290380
P-valor	0.001
Cluster 2	
Coordenadas / radio:	(58.400418 S, 34.657504 W) / 0.15 km
Total casos	68
Categoría	[2, 3], [4, 5]
Numero de casos	68, 0
Casos esperados	56.03, 11.97
Observados / esperados	1.21, 0
Riesgo Relativo	1.33, 0
Cociente de Verosimilitud	15.886759
P-valor	0.001
Cluster 3.	
Coordenadas / radio:	(58.396390 S, 34.661541 W) / 0.25 km
Total casos	55
Categoría	[2, 3], [4, 5]
Número de casos	55, 0
Casos esperados	45.32, 9.68
Observados / esperados	1.21, 0
Riesgo Relativo	1.30, 0
Cociente de Verosimilitud	12.332763
P-valor	0.010



**Figura 18. Detección espacial de cluster**

Además del análisis geo estadístico del software, se decidió realizar un análisis estadístico descriptivo para observar el comportamiento de las demás variables dentro y fuera de los clusters (Tablas 6 a 11).

Para realizar este procesamiento se hizo un recorte espacial de los puntos (viviendas) utilizando como capa de corte los polígonos que representan los clusters.

**Tabla 6. Viviendas y personas en viviendas según localización.**

Localización	Superficie (hectáreas)	Viviendas	Personas en viviendas				
			Total	Menores de 6 años	Adultos mayores (1)	Embarazadas	Resto
Fuera de los cluster de alto riesgo	24	859	4307	843	160	90	3214
Dentro de los cluster de alto riesgo	2	121	619	134	21	14	450
Cluster 1	0	10	95	21	5	4	65
Cluster 2	1	85	387	86	16	8	277
Cluster 3	1	26	137	27	0	2	108
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>980</b>	<b>4926</b>	<b>977</b>	<b>181</b>	<b>104</b>	<b>3664</b>

Fuente: elaboración propia en base a EISAR 2012  
(1) Adultos mayores = personas de 60 años y más  
Nota: En las viviendas pueden residir a la vez niños menores de 6 años, embarazadas y adultos mayores.

**Tabla 7. Niños menores de 6 años: distribución según Plomo capilar y Localización (porcentajes). Villa 21-24, 2012.\* Excluye niños sin información de plomo capilar**

Localización	Plomo capilar >5 ug/dl		Niños menores de 6 años*
	No	Sí	
Fuera de los cluster de alto riesgo	76,5	23,5	100
Dentro de los cluster de alto riesgo	67,2	32,8	100
Cluster 1	66,7	33,3	100
Cluster 2	62,0	38,0	100
Cluster 3	84,0	16,0	100
Total	75,0	25,0	100

**Tabla 8. Niños menores de 6 años: distribución según nivel Plomo capilar y Localización (porcentajes). Villa 21-24, 2012**

Localización	Plomo capilar			Total
	hasta 5ug/dl	5,1 a 9,9ug/dl	10ug/dl o más	
Fuera de los cluster de alto riesgo	76,5	20,3	3,2	100
Dentro de los cluster de alto riesgo	67,2	24,0	8,8	100
Cluster 1	66,7	23,8	9,5	100
Cluster 2	62,0	27,8	10,1	100
Cluster 3	84,0	12,0	4,0	100
Total	75,0	20,9	4,1	100

**Tabla 9. Niños menores de 6 años con plomo: nivel promedio de plomo según Localización. Villa 21-24, 2012**

Localización	
Fuera de los cluster de alto riesgo	7,6
Dentro de los cluster de alto riesgo	8,6
Cluster 1	8,3
Cluster 2	8,8
Cluster 3	8,1

**Tabla 10. Niños menores de 6 años: distribución según Plomo capilar y Localización (valores absolutos). Villa 21-24, 2012. \* Excluye niños sin información de plomo capilar**

Localización	Plomo capilar >5 ug/dl		Niños menores de 6 años*
	No	Sí	
Fuera de los cluster de alto riesgo	523	161	684
Dentro de los cluster de alto riesgo	84	41	125
Cluster 1	14	7	21
Cluster 2	49	30	79
Cluster 3	21	4	25
Total	607	202	809

**Tabla 11. Niños menores de 6 años: distribución según nivel Plomo capilar y Localización (valores absolutos). Villa 21-24, 2012. \* Excluye niños sin información de plomo capilar**

Localización	Plomo capilar			Total
	hasta 5ug/dl	5,1 a 9,9ug/dl	10ug/dl o más	
Fuera de los cluster de alto riesgo	523	139	22	684
Dentro de los cluster de alto riesgo	84	30	11	125
Cluster 1	14	5	2	21
Cluster 2	49	22	8	79
Cluster 3	21	3	1	25
Total	607	169	33	809

### III. 4. Espacialización del Riesgo a Partir de EISAR de Villa 21-24

Las variables utilizadas para este análisis fueron relevadas a través de encuestas durante la EISAR realizada en la Villa 21-24, y muchas de ellas reflejan la percepción del encuestado.

El abordaje metodológico del riesgo, es un proceso complejo que requiere de múltiples variables para su representación (Wilches-Chaux, 1995), en este trabajo se presenta una primera aproximación realizada con el grupo de variables que son presentadas en el apartado 5 de este capítulo.

Para poder medir ese riesgo fue imprescindible estudiar las amenazas (eventos latentes que pueden ocurrir y producir un daño a la población), como así también las vulnerabilidades sociales y demográficas (grupos y afectación) (Maskery, 1989).

$$\text{Riesgo}_i = (\sum \text{Vulnerabilidad}_i) \cdot (\sum \text{Amenazas}_i)$$

La fórmula anterior representa matemáticamente la definición de riesgo poblacional como la suma de vulnerabilidades multiplicado por la suma de las amenazas.

Los datos utilizados en este trabajo para la evaluación del riesgo son puntuales en formato vectorial, ya que se trata de viviendas con diferentes atributos. Para obtener un resultado continuo en el espacio y considerando la alta densidad de viviendas encuestadas se procedió a realizar una interpolación. El método elegido fue distancia inversa ponderada.

La interpolación mediante distancia inversa ponderada determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. La formula general es:

$$\hat{Z}_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} \cdot z_i$$

Donde  $Z_j$  es el valor estimado para el punto  $j$ ,  $n$ , el número de puntos necesarios para la interpolación,  $z_i$  el valor en el punto  $i$ -ésimo y  $k_{ij}$  el peso asociado al dato  $i$  en el cálculo del nodo  $j$ . Los pesos  $k$  varían entre 0 y 1 para cada dato y la suma total de ellos es la unidad. La función de proporcionalidad entre el peso y la distancia se muestra en la siguiente fórmula:

$$\hat{Z}_j = \frac{\sum_i \frac{z_i}{d_{ij}^\beta}}{\sum_i \frac{1}{d_{ij}^\beta}}$$

Siendo la fórmula del peso  $k_{ij} = \frac{1}{d_{ij}^\beta}$  un exponente de ponderación que controla la forma en la que el peso asignado al dato disminuye con la distancia, es decir, que si el exponente o la potencia van disminuyendo los pesos asignados serán

menores, por el contrario, si la potencia aumenta la diferencia en los pesos será mayor.

El valor del exponente se fijó en 3 luego de varias pruebas y considerando poner más énfasis en los puntos más cercanos. Entonces, los datos cercanos tendrán más influencia y la superficie tendrá más detalles (será menos suave). A medida que aumenta la potencia, los valores interpolados comienzan a acercarse al valor del punto de muestra más cercano.

### **III. 5. Evaluación de Riesgo a Partir de Variables Relevadas en EISAR de Villa 21-24**

Las variables utilizadas para la estimación del riesgo se ajustan al marco teórico desarrollado y se clasificaron en este contexto de acuerdo a su pertenencia a vulnerabilidades o amenazas.

#### **Vulnerabilidades:**

- **Vivienda en calle de tierra o mejorado (Viv\_tierra)**

En trabajos previos se concluyó que la exposición a polvo ambiental, complementa el grupo de variables asociadas positivamente con los niveles de plomo en sangre (Hicks et al., 2006; Mielke & Reagan, 2008). Además el indicador representa un aspecto de la calidad de vida de las personas en un contexto urbano e implica información acerca del acceso a otros servicios (recolección de residuos, ingreso de ambulancias, taxis, remis, etc.)

- **Viviendas con recolección de residuos hasta 2 veces por semana (Viv\_resid)**

A menor frecuencia en la recolección de residuos se genera mayor acumulación de los mismos, esto aumenta la exposición a diferentes tipos de contaminación: atmosférica (olores, gases y partículas), hídrica subterránea (percolación de lixiviados), hídrica superficial, presencia de roedores, etc.

- **Agua proveniente de Pozo o cisterna, Lluvia/ canal/ arrollo, Conexión a red pública por manguera, Conexión a red formal (Agua)**

La variable se refiere a la fuente y sistema de abastecimiento del agua que el hogar utiliza para beber y cocinar. La calidad del agua para consumo depende, entre otros factores, de la proveniencia de la misma. En muchas de las villas y asentamientos precarios radicados en la CMR la captación de agua es subterránea o por conexión a manguera pública. En el primer caso la calidad del agua depende de la profundidad de la extracción (Auge et al., 2002) y en segundo del estado de la red de mangueras.

- **Viviendas sin acceso a cloacas (Viv\_cloa)**

La vulnerabilidad de la población se ve afectada también por la forma de desechar los residuos cloacales, ya que la disponibilidad de desagües cloacales es un elemento clave para mejorar la salud pública, por que reduce el riesgo de enfermedades infecciosas, parasitarias, virales, entre otras, y favorece el desarrollo de las personas en un ambiente sano. Se trata de un indicador relevante para la caracterización básica de la calidad de vida de la población (SAyDS, 2014).

- **Cuánto hace que vive el jefe del hogar en esta vivienda (Antig)**

Mayor antigüedad en la vivienda, supone más tiempo de exposición de los integrantes del hogar a las amenazas ambientales (Vivier et al., 2011)

- **Vivienda deficitaria (Viv\_def)**

El indicador se refiere a la calidad de las características constructivas de la vivienda, mediante la combinación de los materiales, los elementos de aislamiento y de terminación utilizados en los principales elementos constitutivos de la vivienda (paredes, pisos y techos (INDEC, 2013)

- **Viviendas con hogares con NBI (Viv\_nbi)**

Esta variable permite la identificación de hogares con pobreza estructural y representa una alternativa a la identificación de la pobreza considerada únicamente como insuficiencia de ingresos (INDEC, 2013). Poseer Necesidades Básicas insatisfechas implica una baja calidad de vida y fue considerada como un elemento que incremento el indicador de vulnerabilidad

- **Viviendas sin inodoro o con inodoro sin descarga (Viv\_inod)**

Esta variable describe la disponibilidad del hogar de poseer un artefacto instalado dentro del baño/letrina que se utiliza para la evacuación de excretas, que no tiene un sistema de descarga de agua para su limpieza; o la no disponibilidad de ningún artefacto para la eliminación de excretas. Este indicador fue considerado como de vulnerabilidad ya que aumenta las posibilidades de enfermedades infecciosas.

- **Viviendas con hogares por debajo de la línea de pobreza (Viv\_probr)**

Este es un indicador de pobreza estructural basado solo en el ingreso que perciben los integrantes del hogar. Al igual que NBI fue considerado como una variable que incrementa la vulnerabilidad del grupo familiar (Barrenechea et al., 2003). El valor del ingreso para cumplimentar este indicador lo fija al INDEC de acuerdo al valor de la canasta básica.

- **Piso de tierra o ladrillo suelto (Pis\_tier)**

Este indicador tiene vínculos con la calidad de vida de los integrantes de la vivienda. Particularmente fue seleccionado ya que en la literatura distintos autores han demostrado consistentemente que la exposición a plomo en el suelo tiene efectos en los niveles de plomo en sangre, lo cual aumenta la vulnerabilidad ante la presencia ambiental de este toxico (Hicks et al., 2006; Mielke & Reagan, 2008).

$$Vul_i = \sum_{i=1}^n (Viv\_tier_i, Viv\_res_i, Agua_i, Viv\_cloa_i, Ant_i, Viv\_def_i, nbi_i, Viv\_in_i, Viv\_probr_i, Pis\_tier_i)$$

En la figura 19 se presenta el mapa de vulnerabilidad interpolado, se observa que existe una mayor intensidad (zonas más oscuras) en la zona Centro Este del área de la Villa 21-24.

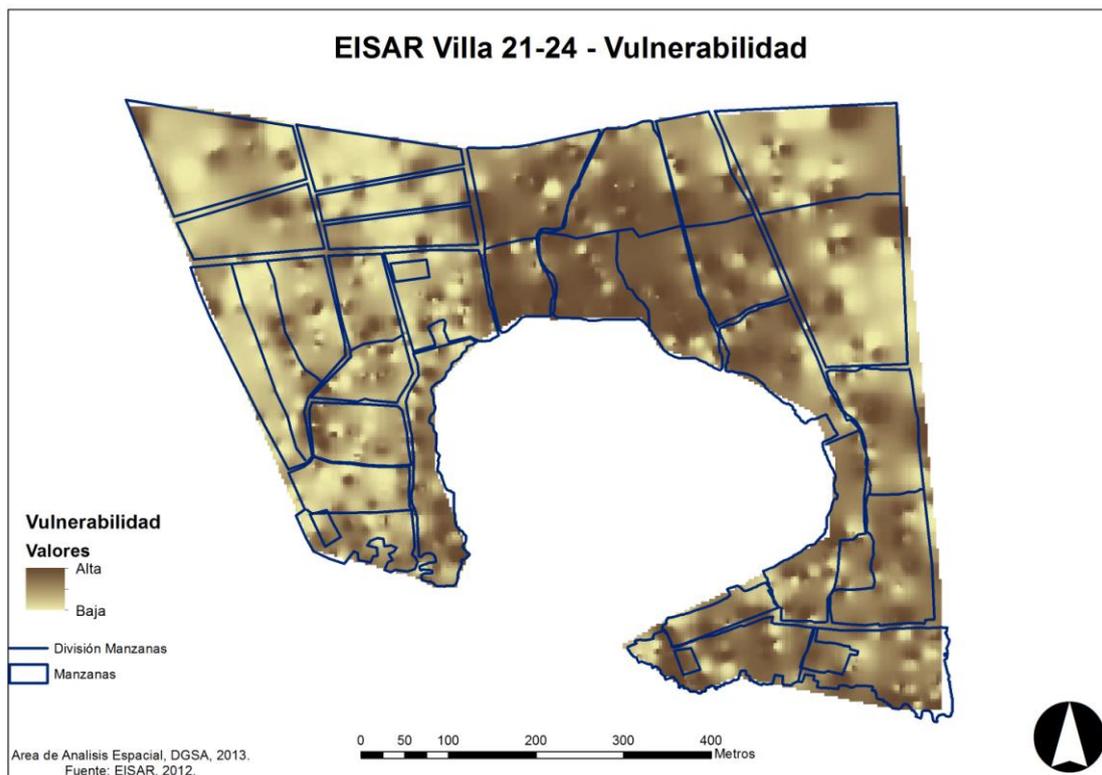


Figura 19. Mapa de vulnerabilidad

## Amenazas

- **Se acumula basura a menos de 100mts de la vivienda (Acum\_bas)**

La acumulación de residuos aumenta la exposición a diferentes tipos de contaminación: atmosférica (olores, gases y partículas), hídrica subterránea (percolación de lixiviados), hídrica superficial, presencia de vectores, etc.

- **Existencia de basurales a cielo abierto a 100 mts o menos de la vivienda (Exist\_bas)**

La existencia de basurales en las inmediaciones de la vivienda genera múltiples complicaciones ambientales y epidemiológicas, y es una amenaza a la salud de la población circundante (Vrijheid, 2000).

- **Quema basura dentro del terreno (Quem\_basur)**

La quema de residuos genera gases tóxicos con potencial daño para la salud, Wong et al. (2007) analizaron los tóxicos liberados por la combustión de residuos electrónicos y concluyeron que esta práctica genera gases tóxicos dañinos para la salud contaminando el aire, el suelo y el agua

- **Se registraron inundaciones en los últimos 12 meses (Inund)**

Las inundaciones son frecuentes en las villas y asentamientos precarios en el ámbito de la CMR, esto se debe a cuestiones topológicas e hidrológicas que se suman a predios bajos y sin infraestructura pluvial (Herzer & Di Virgilio, 1996). Este indicador fue seleccionado por tratarse de un fenómeno con amplias implicancias en la salud, puede estar asociado con un incremento de riesgo de infecciones de tejidos blandos, infecciones respiratorias, diarreas y enfermedades transmitidas por vectores y animales huéspedes en un sistema complejo. Las inundaciones pueden contaminar los interiores de las viviendas, los pozos y fuentes de agua superficiales con residuos cloacales y/o industriales disueltos y arrastrados por el agua. (González & Chiroles Rubalcaba, 2010).

- **Existencia de industrias o talleres a 100 mts. o menos de la vivienda (Exist\_Indust)**

Una de las principales fuentes de contaminación en la cuenca matanza riachuelo es la generada por la contaminación industrial (Malpartida, 2001). En este contexto resultó relevante para la evaluación del riesgo, conocer la presencia ausencia de industrias en las inmediaciones de las viviendas.

- **Tiran líquidos industriales a 100 mts. o menos de la vivienda (Liq\_indus)**

El vertido de líquidos industriales (químicos y biológicos) de manera inadecuada puede generar graves problemas de salud por contacto ambiental. A partir del análisis de más de 10 investigaciones, Vrijheid (2000) concluyó que a pesar que se han realizado un número considerable de estudios, los riesgos para la salud ambiental derivados de los residuos industriales son difíciles de cuantificar por la complejidad de las variables asociadas.

- **Cocina o calefacción con kerosene, leña o carbón (Coc\_Keros)**

Ciertos combustibles sólidos generan una combustión incompleta, liberando al ambiente diversas sustancias tóxicas. Smith et al. (2004) probaron la relación entre enfermedad obstructiva crónica y la quema de combustibles sólidos.

- **Realiza alguien en la vivienda acarreo/acopio de chatarra, fundición de metales, quema de cables, reciclado de baterías o compostura de calzado (Activ\_amenz)**

Realizar actividades que impliquen el uso de materiales tóxicos, como baterías o pegamentos en un hogar, implica una amenaza ambiental. Muchos de los materiales y prácticas asociados con manipulación de residuos son tóxicos. La presencia de este indicador implica una amenaza para la salud de los integrantes de la vivienda (World Health Organization, 2010).

$$Amen\_Entorno_i = \sum_{i=1}^N (Acum\_bas_i, Exist\_bas_i, Inund_i, Exist\_Indust_i)$$

La fórmula anterior representa la sumatoria de todas las amenazas vinculadas al entorno de los hogares y viviendas relevados.

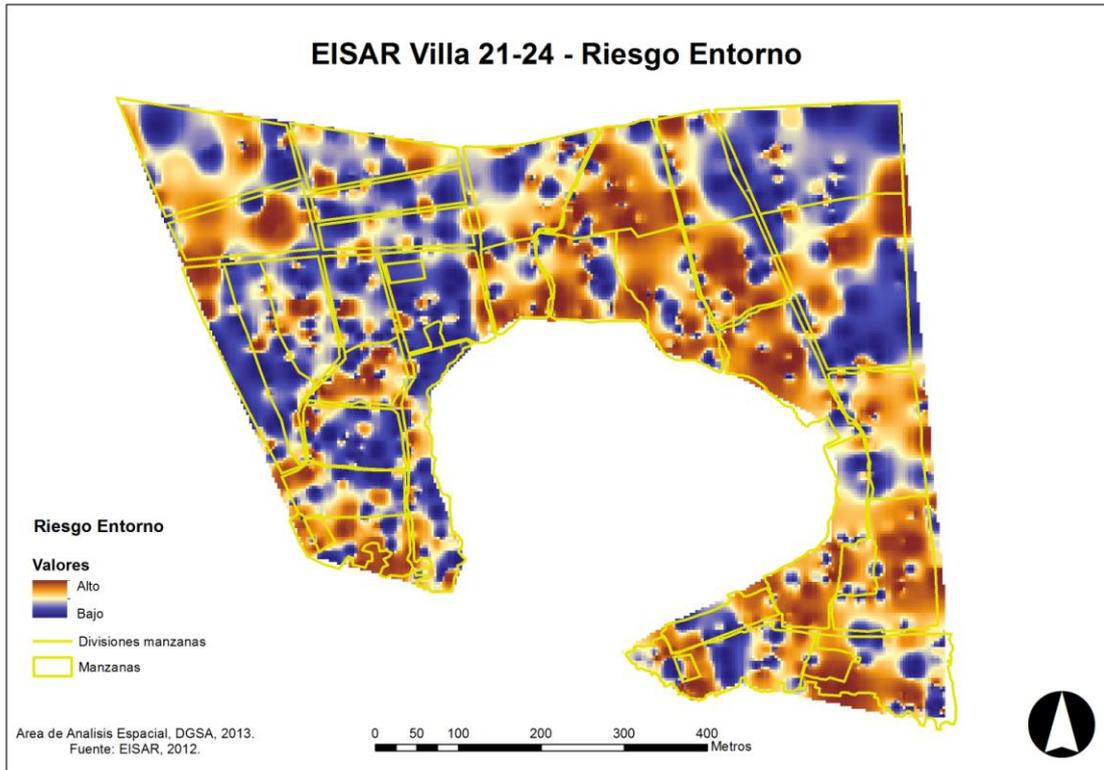
$$Amen\_Hábitos_i = \sum_{i=1}^N (Coc\_Keros_i, Activ\_amenz_i)$$

La fórmula anterior representa la sumatoria de todas las amenazas vinculadas a los hábitos de las personas que habitan en los hogares y viviendas relevadas.

$$Riesgo\_entorno_i = (Vul_i) \cdot (Amen\_Entorno_i)$$

La fórmula de riesgo al entorno se utilizó para calcular el riesgo a partir del producto de la vulnerabilidad por la amenaza del entorno del hogar y vivienda. Al igual que para la vulnerabilidad y la amenaza se interpolaron los resultados con el método distancia inversa a una potencia utilizando la potencia cubica.

En la figura 20 se muestra, a partir de un producto ráster, el riesgo producido por las variables seleccionadas y vinculadas al entorno de la vivienda. En él se observa un mayor riesgo en la zona Central de la Villa 21-24.

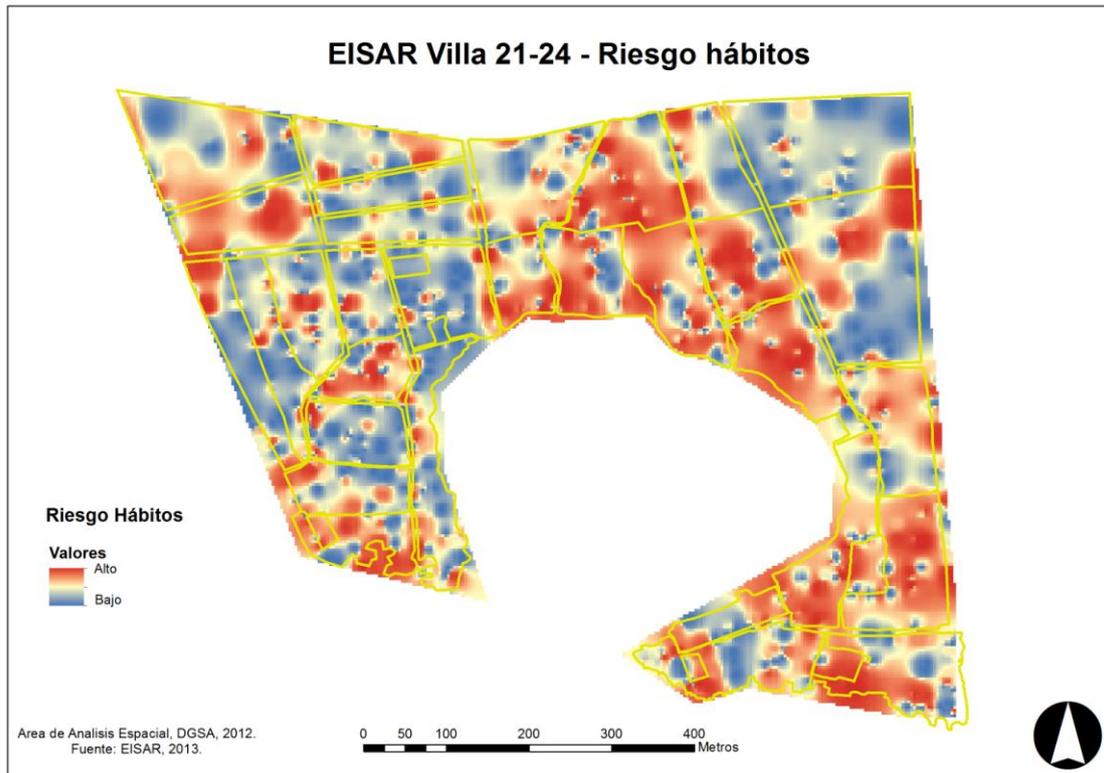


**Figura 20. Mapa de riesgo del entorno**

La fórmula siguiente se utilizó para calcular el riesgo a partir de la multiplicación de la vulnerabilidad por la amenaza relevada en los hábitos de las personas de los hogares y viviendas.

$$Riesgo_{Hábitos_i} = (Vul_i) \cdot (Amen_{Hábitos_i})$$

La figura 21 muestra el mapa de riesgo vinculado a los hábitos, se observa una mayor predominancia del indicador en la zona centro este del área encuestada de la Villa 21-24.

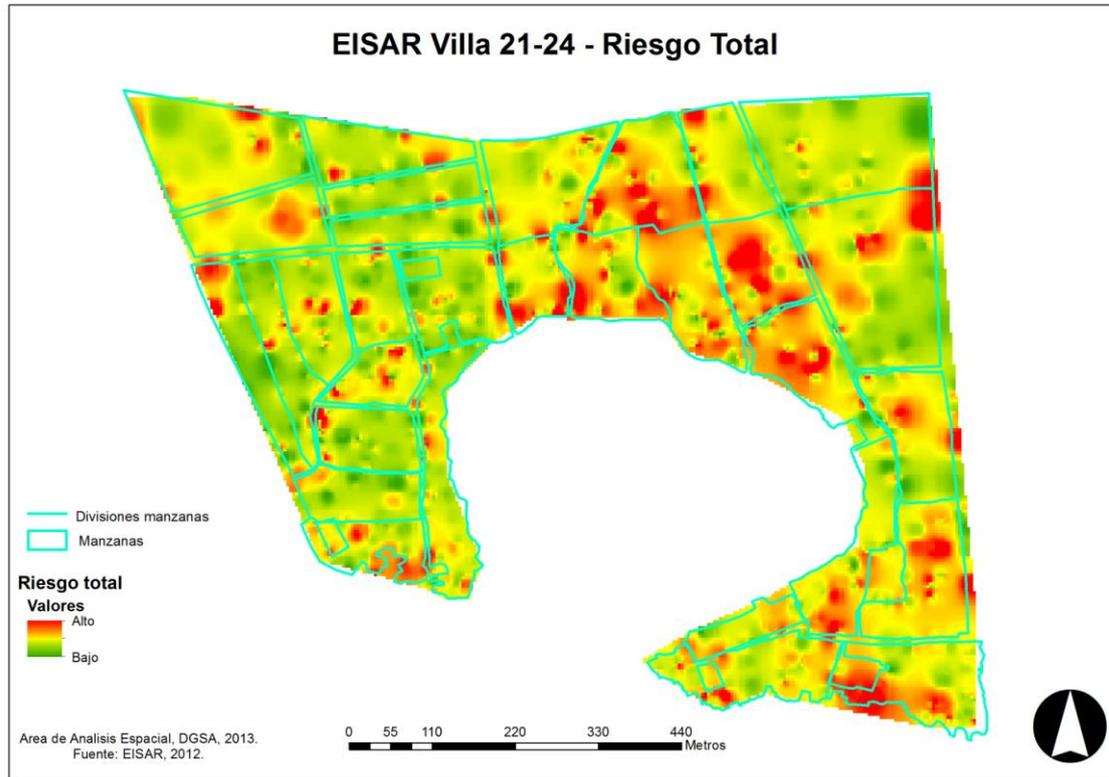


**Figura 21. Mapa de riesgo producido por los hábitos**

La siguiente fórmula sintetiza todas las variables analizadas a partir de la adición de ambos riesgos caracterizados:

$$Riesgo_{total_i} = (riesgo_{hábitos_i}) + (riesgo_{entorno_i})$$

En la figura 22 se representó espacialmente el riesgo total mostrando una mayor predominancia del riesgo en la zona Centro Este del área encuestada de la Villa 21-24.



**Figura 22. Mapa de riesgo total**

Para vincular los resultados de la detección espacial de clúster con la metodología de riesgo aquí presentada, se realizaron comparaciones de las variables de vulnerabilidad y amenazas dentro y fuera de estas áreas (tabla 12).

**Tabla 12. Viviendas con niños menores de 6 años: distribución según Determinantes de la salud, Localización y Presencia de niños con plomo. Villa 21-24, 2012. Valores expresados en porcentajes**

Dimensión/ indicador	Fuera del zonas de alto riesgo		Dentro de zonas de alto riesgo	
	Sin niños con plomo	Con niños con plomo	Sin niños con plomo	Con niños con plomo
<b>Antigüedad en la vivienda</b>				
Menos de 1 año	10,5	11,5	25,0	6,0
De 1 a 5 años	32,6	40,8	50,0	54,2
De 6 a 10 años	20,9	23,8	25,0	22,9
11 años y más	36,0	23,8	0,0	16,9
<b>Hábitos</b>				
Quema basura dentro del terreno	74,4	83,9	75,0	83,1
Cocina o calefacciona con kerosene, leña o carbón	1,2	0,9	0,0	0,0
Realiza alguien en la vivienda acarreo/acopio de chatarra, fundición de metales, quema de cables, reciclado de baterías o compostura de calzado	1,2	2,0	0,0	9,6
<b>Características del entorno</b>				
Se acumula basura a menos de 100mts de la vivienda	34,9	38,5	75,0	42,2
Existencia de basurales a cielo abierto a 100mts o menos de la vivienda	24,4	21,8	50,0	26,5
Se registraron inundaciones en los últimos 12 meses	20,9	19,6	0,0	25,3
Existencia de industrias o talleres a 100mts o menos de la vivienda	12,8	14,3	0,0	4,8
Tiran líquidos industriales a 100mts o menos de la vivienda	2,3	3,3	0,0	2,4
<b>Condiciones materiales</b>				
Agua proveniente de Pozo o cisterna, Lluvia/ canal/ arrollo, Conexión a red pública por manguera	11,6	9,0	0,0	12,0
Vivienda deficitaria (casa tipo b, rancho, casilla, pieza hotel/inquilinato, etc)	34,9	50,9	100,0	60,2
Piso de tierra o ladrillo suelto	3,5	1,1	25,0	8,4
Viviendas sin inodoro o con inodoro sin descarga	36,0	46,3	100,0	57,8
<b>Capital social</b>				
Vivienda en calle de tierra o mejorado	66,3	61,2	25,0	55,4
Viviendas con recolección de residuos hasta 2 veces por semana	19,8	28,4	25,0	27,7
Viviendas sin acceso a cloacas	51,2	62,1	100,0	77,1
<b>Pobreza</b>				
Viviendas con hogares con NBI	67,4	74,2	100,0	71,1
Viviendas con hogares por debajo de la línea de pobreza	18,6	22,5	0,0	20,5

Como se observó en el análisis anterior Villa 21-24 presentó cierto patrón en su problemática ambiental, depósitos históricos de basura, cercanía al cuerpo de agua, terrenos deprimidos, pobreza, ocupación desordenada y falta de urbanización son parte del contexto ambiental en el que se inserta esta población.

En este marco, el análisis espacial realizado mostro áreas de mayor criticidad para la salud de la población. El abordaje del riesgo sirvió para estratificar zonas en donde la relación de las variables presentaba un escenario desfavorable para la salud.

En tal sentido, e introduciendo en el capítulo VI, algunas de las variables anteriores fueron representadas y utilizadas como predictoras en un modelo a una escala que incluya toda la cuenca.

## **IV- CAMBIOS EN LA COBERTURA DEL SUELO**

- *Cambios en el uso del suelo*
- *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada*
- *Control de Cambios de la Cobertura Vegetal*

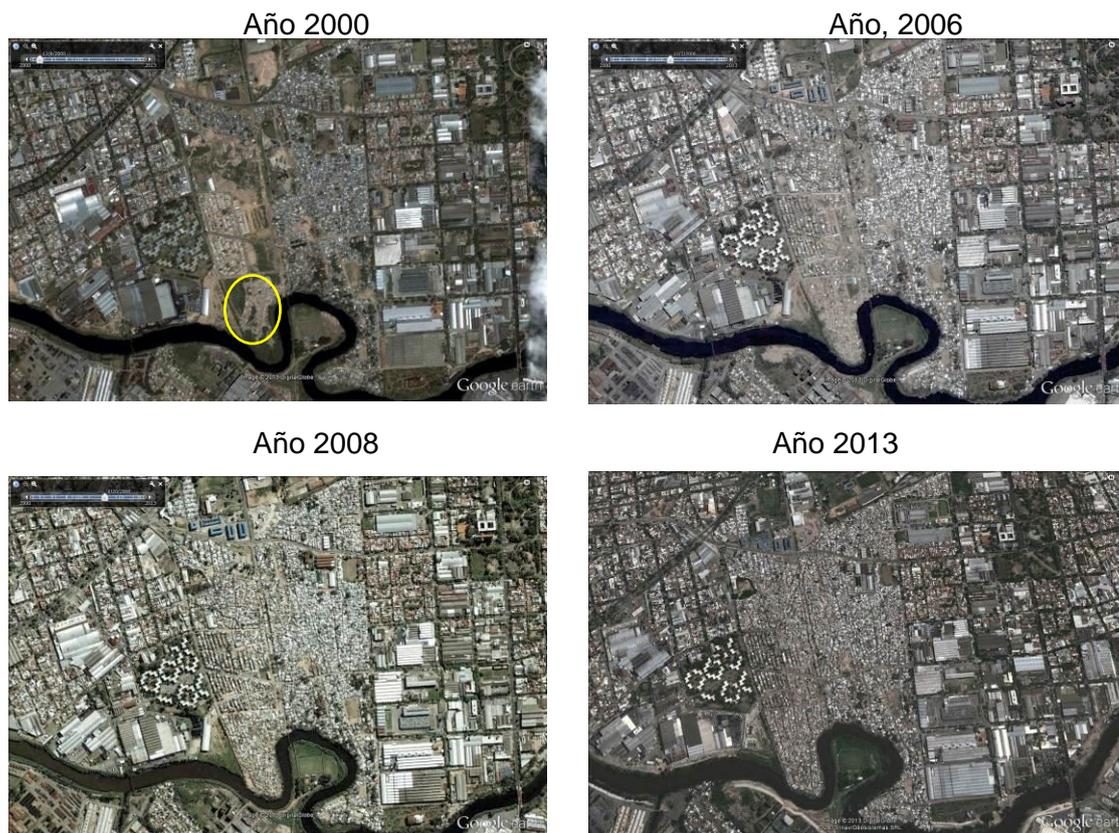
En ocasiones la ocupación del territorio con fines residenciales puede darse en predios en donde existen pasivos ambientales, lo cual genera condiciones inapropiadas para la salud y la calidad de vida de la población. En el contexto del conurbano bonaerense esta situación suele ser frecuente ya que existen múltiples asentamientos en terrenos en donde previamente funcionaban basurales a cielo abierto (Miño, 2011)

La utilización de sensores remotos para la evaluación de cambios en el uso del suelo es ampliamente utilizada, particularmente existen trabajos en donde se ha utilizado la teledetección para la observación de nuevos asentamientos en zonas de peligrosidad ambiental (Altobelli et al., 2005).

En un estudio multitemporal de la cobertura de la CMR por medio de imágenes satelitales, se observó que desde 1976 hasta la actualidad el área edificada de la CMR sigue creciendo, la aplicación de un índice de incidencia antrópica dio como resultado mayor impacto ambiental en la cuenca baja. El área de la CMR ha cambiado su cobertura natural marcadamente desde los inicios de los primeros asentamientos hasta la actualidad, por reemplazo de cobertura de vegetación artificial o urbana, según los procesos que preponderaron en los sectores de la cuenca. (Quaini, 2011).

De las tres subcuencas, la cuenca baja es la que mayor proporción de área urbana presenta y eso se mantuvo a través del tiempo. Sin embargo, luego de 1976 es la Cuenca Media es la que presenta un mayor crecimiento del área urbana y se encuentra en expansión hasta la actualidad. En la Cuenca Baja el área urbana creció muy levemente desde 1976 hasta 2011 (de 6,3% a 7,2% del área total de la CMR), coincidiendo con los datos censales que demuestran que desde 1967 aproximadamente no se registra crecimiento demográfico significativo (Ídem).

En este contexto y en función de los resultados de Villa 21-24, se abordó un análisis exploratorio a partir de interpretación visual de imágenes de alta resolución espacial del programa Google Earth (figura 21).



**Figura 23. Interpretación visual de imágenes de alta resolución espacial. El círculo amarillo en la primera imagen se estima fue un basural a cielo abierto Fuente: Área de análisis espacial. DGSA, 2013**

A partir de la interpretación visual de una imagen de 2008 se observa una estructura coincidente con un basural a cielo abierto (círculo amarillo), esto se distingue por la forma, el contraste y la asociación (Chuvieco, 2003) con elementos circundantes (huellas de vehículos, caminos consolidados, etc.).

Los dos primeros períodos corresponden a una etapa inicial de ocupación (2000) donde el predio de la Villa 21-24 brindaba un aspecto de superficie vacante con numerosos vacíos ocupados por espacios verdes y una muy baja densidad habitacional. Esta situación fue cambiando (2006) presentando esta segunda etapa un momento de inflexión. A partir de este intervalo el rasgo predominante es la densificación. Ya en el tercer período (2008) se observa una ocupación total del territorio que se va densificando hasta llegar a la situación actual (2013). La tipología de ocupación es precaria con viviendas de chapa y cartón, acentuándose esta condición en la ribera del Riachuelo.

Como en el caso de 21 24, muchas veces los cambios en el uso del suelo están asociados a un aumento del área construida de manera desordenada,

espontánea y sin planificación. Este patrón es típico en las villas y asentamientos precarios de la CMR.

#### **IV.1. Control de Cambios de la Cobertura Vegetal**

La vegetación cumple un rol fundamental en el ambiente por que permite la infiltración de agua de lluvia al subsuelo y la recarga de acuíferos. En los contextos urbanos, además, es reguladora de la temperatura. La desertificación urbana caracterizada por ausencia de áreas verdes y sequedad del suelo, junto a la presencia de altas temperaturas superficiales que forman islas de calor, corresponden al deterioro o degradación de la calidad ambiental (Romero & Vásquez, 2005). La afección al ciclo hidrológico por disminución de la cobertura vegetal genera pérdida en la calidad del agua. Además impacta en los balances de energía y en los microclimas. La baja de la cobertura vegetal degrada y fragmenta hábitats acuáticos y terrestres, asimismo altera la estética de los arroyos y paisajes (Dramstad et al., 2006).

Trabajos que abordaron el problema de la impermeabilización del suelo como efecto de la urbanización, concluyen que la presencia de cobertura vegetal, se trata de una importante variable que incide directamente sobre la calidad ambiental de las cuencas hídricas (May, 2001; Zandbergen et al., 2000).

La utilización de índices de vegetación para la evaluación del cambio de la cobertura vegetal ha sido ampliamente utilizada en teledetección (Chuvieco, 2003). Lyon et al., (1998) concluyeron en base a un estudio comparativo de siete índices de vegetación derivados de imágenes satelitales, que las diferencias temporales del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI), es la mejor herramienta para evaluar la pérdida de vegetación.

Los cambios en el uso del suelo de la CMR fueron estudiados en profundidad por Quaini (2011), que a partir de técnicas de clasificación multiespectral de una serie temporal de 35 años, concluyó que, entre otros factores, los cambios en la vegetación están vinculados a un índice de incidencia antrópica.

En este marco, y con el propósito de continuar con la caracterización ambiental a escala cuenca que se propone en este trabajo, se optó por aplicar el método de

detección de cambios en la cobertura vegetal basado en la diferencia de NDVI, entre un par de imágenes satelitales con 11 años de diferencia.

Las imágenes fueron seleccionadas por su baja proporción de nubes y ambas fueron capturadas en época otoñal procurando sean lo más cercanas entre sí, en cuanto a la época del año, para minimizar el cambio entre fechas debido al ciclo fenológico de la vegetación.

La primera imagen fue capturada el 2 de Mayo de 2000 (figura 24) y la segunda de 30 de Marzo de 2011 (figura 25). El sensor utilizado fue ETM+ a bordo del satélite LANDSAT (Path: 225 Row: 84). El pre-procesamiento (calibración), el cálculo de los NDVI y la detección de cambios se realizaron con ENVI software 4.8.

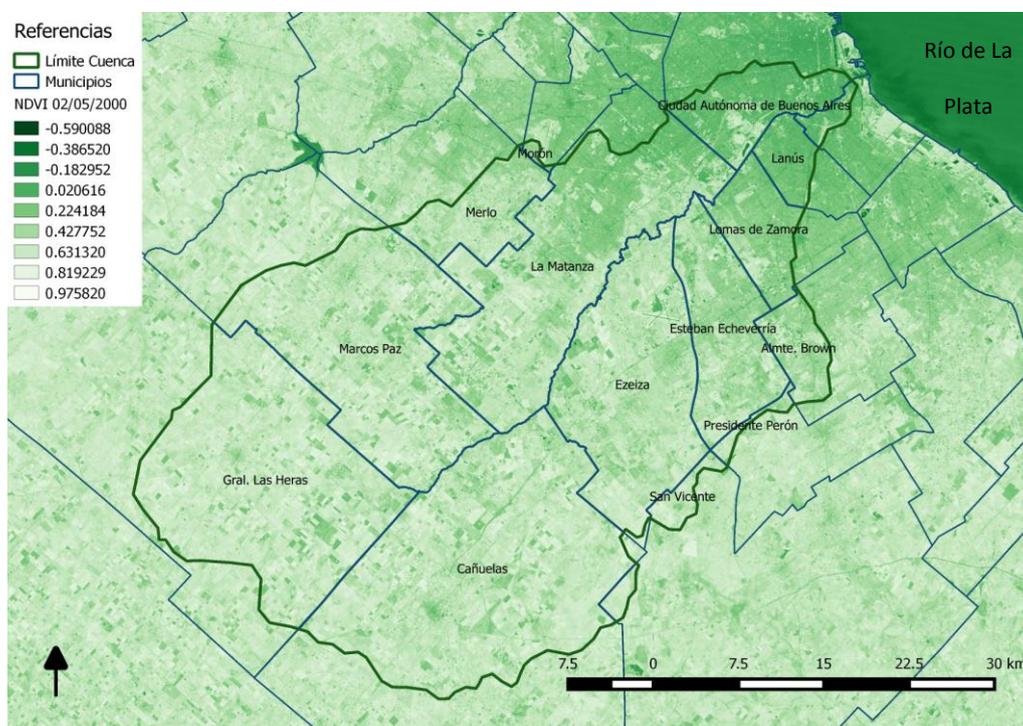
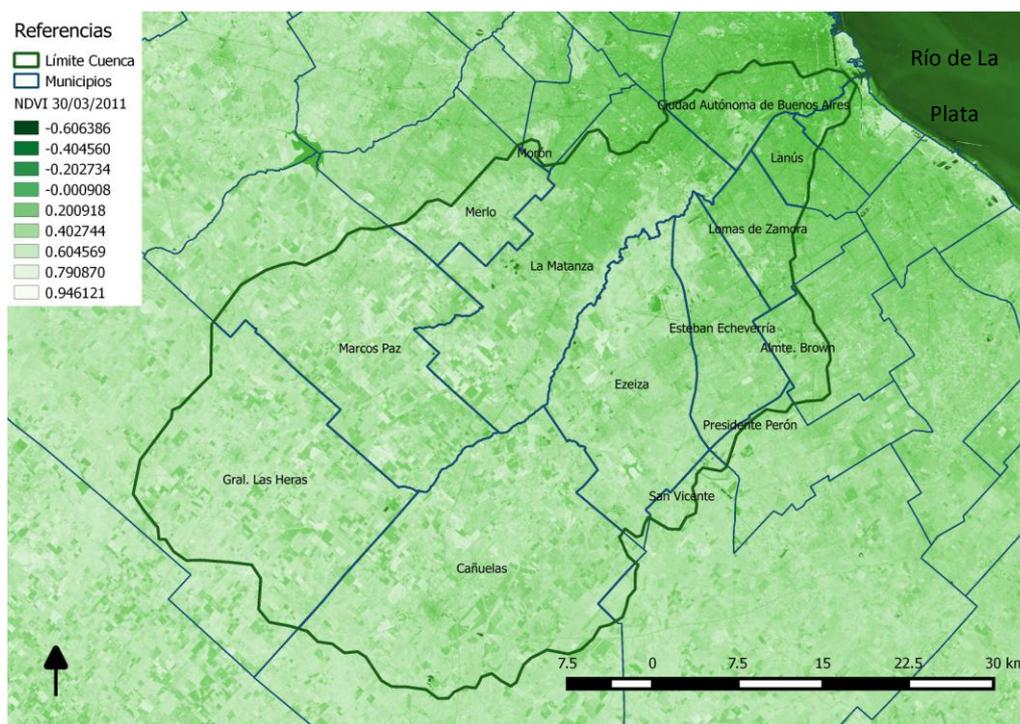


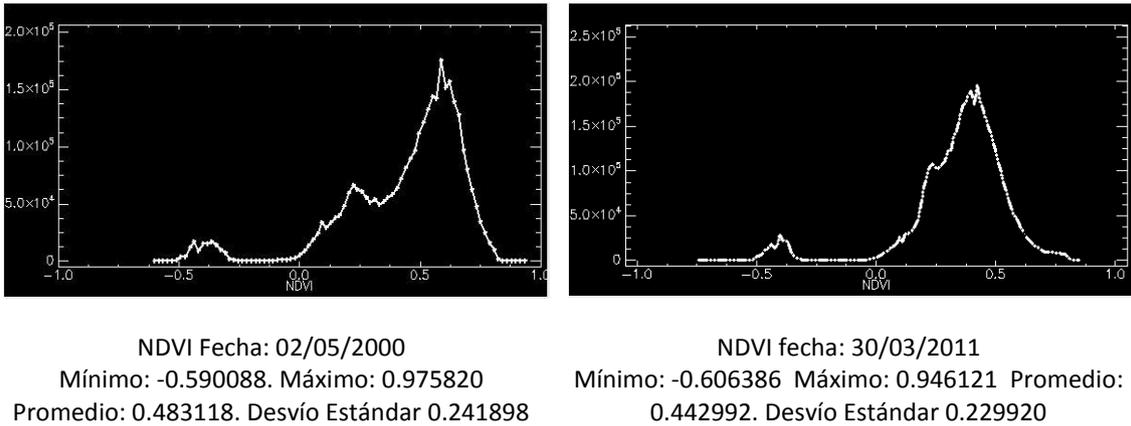
Figura 24. NDVI realizado a partir de imagen LANDSAT (2000)



**Figura 25. NDVI realizado a partir de imagen LANDSAT (2011)**

Además de las técnicas estandarizadas para pre-procesamiento de imágenes y de diferenciación, el paso más importante para el análisis de detección de cambios en la vegetación es la discriminación entre los cambios reales y la variabilidad estacional o interanual, representados por un umbral entre estos factores, que se determina generalmente mediante la aplicación de la desviación estándar (SD) de la imagen de diferenciación NDVI (Lyon et al., 1998; Ridd & Liu, 1998).

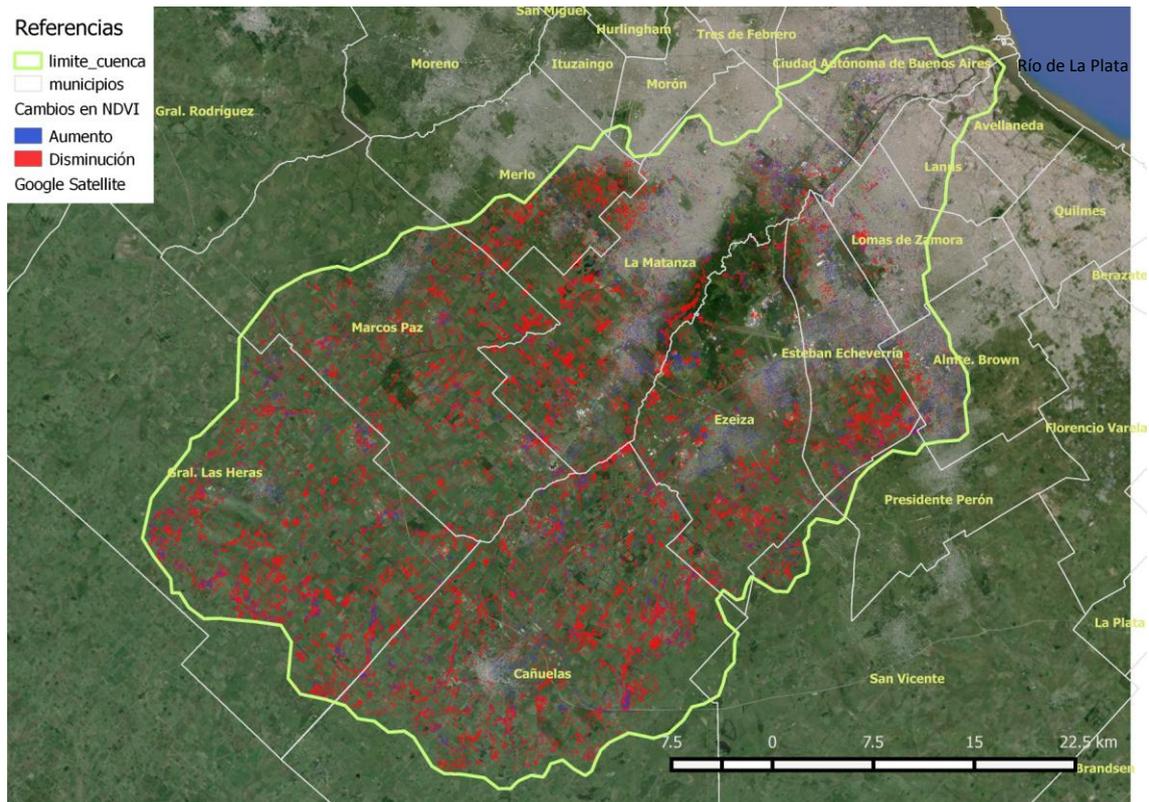
Se calcularon los estadísticos básicos y se graficaron los histogramas (Figura 26) con el propósito de decidir el umbral de “no cambio” entre ambas imágenes. Los histogramas son similares y los estadísticos básicos arrojaron un desvío estándar entorno a los dos puntos para NDVI.



**Figura 26. Estadísticos básicos e histogramas de frecuencia de los índices de vegetación normalizados para las diferentes fechas**

En base a la estadística y luego de realizar algunos ensayos, se dispuso que el umbral de no cambio fuera entre los 0,2 y -0,2 de NDVI. La matriz resultante de la diferencia conto con tres categorías. Una que muestra el aumento del índice verde (el resultado es mayor a 0,2), otra categoría “sin cambios”, aquí el resultado se mantiene dentro del rango de no cambio y la tercera que muestra la disminución del NDVI (el resultado es menor a - 0,2). Para este procedimiento se utilizó el software ENVI 4.8.

Como se observa en la figura 27 predomina una disminución del índice verde en los 11 años comprendidos entre las imágenes, la cuenca baja es la que menos cambios presenta.



**Figura 27. Control de Cambios. Resultado de la substracción de un par de productos NDVI.**

El aumento del índice no necesariamente es un cambio positivo para el ambiente, ya que puede tratarse del avance del uso agrícola sobre vegetación autóctona. Por otro lado la disminución del mismo puede representar cambios en el área cultivada, por ejemplo el cambio de una parcela cultivada a suelo desnudo.

Sin embargo, la detección de cambios mostró efectos de la actividad antrópica sobre la cobertura del suelo a una resolución de 30 metros. Fue un método sencillo que expuso resultados claros y coherentes con la estructura urbana y periurbana de la CMR.

## **V- CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL A ESCALA DE CUENCA A PARTIR DE DATOS ESPACIALES Y DERIVADOS DE SENSORES REMOTOS.**

- *Cercanía a Agentes Contaminantes*
- *Cercanía a Vías de Comunicación Principales*
- *Cercanía a Basurales*
- *Cambios en la Vegetación*
- *Necesidades Básicas Insatisfechas*
- *Modelo de Elevación Digital*

Las variables que se presentan en este capítulo fueron seleccionadas en virtud de dos criterios: la disponibilidad y su capacidad para describir el riesgo ambiental para la salud. En tal sentido los resultados de la EISAR 21 24 fueron importantes a la hora de la definición de estas variables.

Todos los datos fueron georreferenciados y los que poseían formato vectorial fueron rásterizados. Lo anterior se sustenta en que la utilización de mapas-matrices es uno de los principales elementos de la metodología, permitiendo el aprovechamiento de mapas para la generación de múltiples tipos y cantidades de datos. Estas matrices son susceptibles de ser procesadas con métodos de cálculo y algebra adecuados, obteniendo resultados numéricos que a su vez pueden ser traducidos nuevamente a mapas. Es decir, puede pasarse de un mapa a una matriz numérica, o viceversa, según se requiera.

Las matrices presentadas a continuación fueron utilizadas como insumo de la metodología aplicada en el próximo capítulo y para facilitar los cálculos fueron normalizadas entre los valores 0 y 1.

La fórmula general para esta técnica es:

$$V_n = \frac{(V_o - V_{\min}) \times (Q_{\max} - Q_{\min})}{(V_{\max} - V_{\min})} + Q_{\min}$$

donde:

**V<sub>n</sub>** = Valor normalizado; **V<sub>o</sub>** = Valor original; **V<sub>max</sub>** = Valor máximo del rango original; **V<sub>min</sub>** = Valor mínimo del rango original; **Q<sub>max</sub>** = Valor máximo del nuevo rango; **Q<sub>mín</sub>** = Valor mínimo del nuevo rango

## **V.I. Cercanía a Agentes Contaminantes**

Los agentes contaminantes son industrias declaradas por ACuMaR en función del comportamiento ambiental que ejerzan tanto sobre el agua suelo o aire. Al 06/02/2013 los agentes contaminantes ascendían a 1503 industrias.

Para la realización de esta matriz se georreferenciaron las industrias con el software Batch Geo, a partir de la dirección postal disponible en la página de ACuMaR (figura 28). Cada pixel de la imagen (valor de celda de la matriz) representa un valor medido en unidades de distancia, partiendo del valor máximo en el punto donde se ubica el agente contaminante, esta medida se expresa en la variable independiente del histograma y del diagrama de caja. Se presenta también un histograma y diagrama de caja para conocer la distribución de la variable.

Por último se utilizó el geo proceso denominado distancia buffer, procurando que todos los pixeles posean algún valor de distancia a los agentes contaminantes. Dichos valores tuvieron que ser invertidos ya que la distancia buffer es proporcional a la distancia euclidiana, mientras que la variable “cercanía” disminuye a medida que la distancia aumenta.

Las 1503 industrias contaminantes se concentran en la cuenca baja y en torno a las vías de comunicación principales. Esta densidad de industrias ( $0,7/\text{km}^2$ ) dan como resultado una imagen con la gran mayoría de los pixeles en torno a valores bajos (cercanía), en cambio su agrupación genera un área relativamente alejada de pixeles con valores altos. Este comportamiento se observa en el histograma con dos picos de la figura 28.

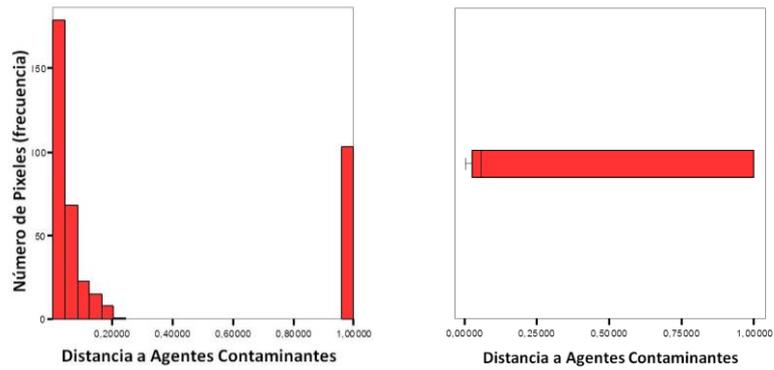
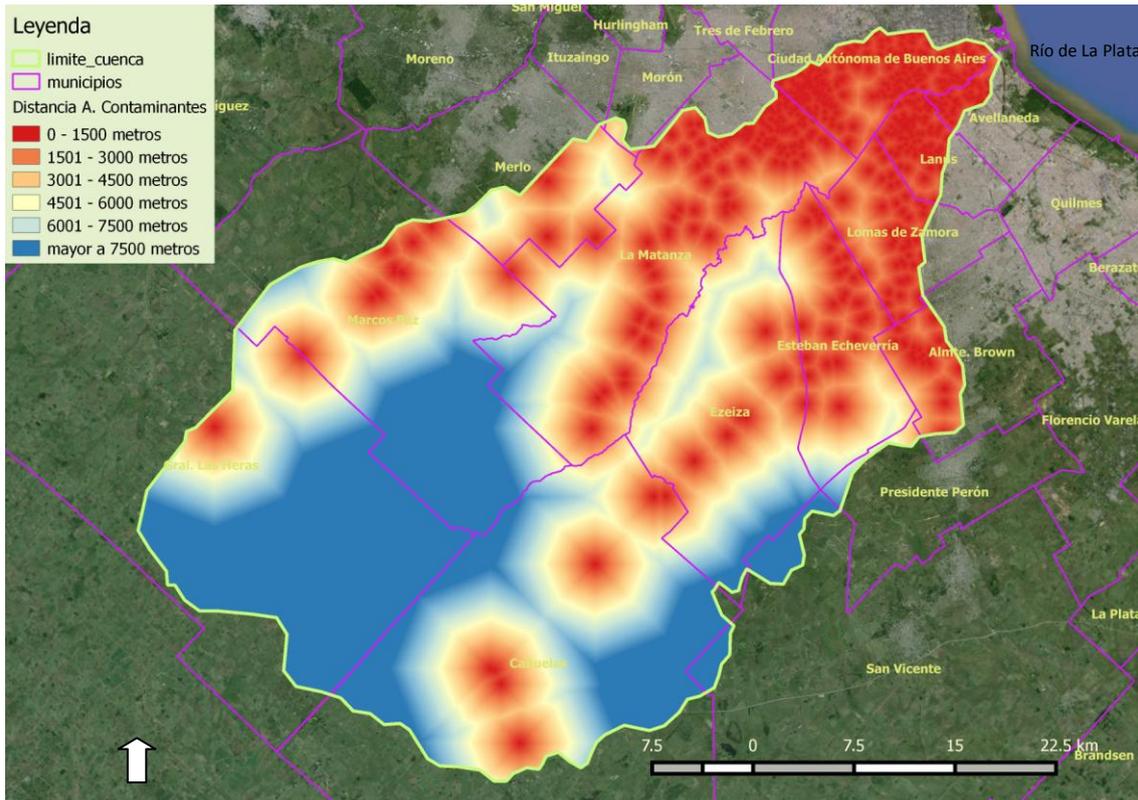


Figura 28. Matriz de cercanía a agentes contaminantes

## V.2. Cercanía a Vías de Comunicación Principales

La combustión de los motores de vehículos libera a la atmosfera material particulado y otros compuestos nocivos que contribuyen al deterioro de la calidad del aire (Cadle et al., 1999).

El procedimiento para la construcción de una matriz que represente la distancia a las vías de comunicación más transitadas, es similar al de los agentes

contaminantes. El archivo shape fue obtenido del IGN (Instituto Geográfico Nacional) y se le aplicó distancia buffer (figura 29) y luego los valores fueron invertidos para representar la variable cercanía. Se presenta también un histograma y diagrama de caja para conocer la distribución de la variable.

Cada píxel de la imagen (valor de celda de la matriz) representa un valor medido en unidades de distancia, partiendo del valor máximo en la línea donde se ubica la vía de comunicación, esta medida se expresa en la variable independiente del histograma y del diagrama de caja. Dicho valor fue normalizado entre cero y uno para facilitar los cálculos posteriores.

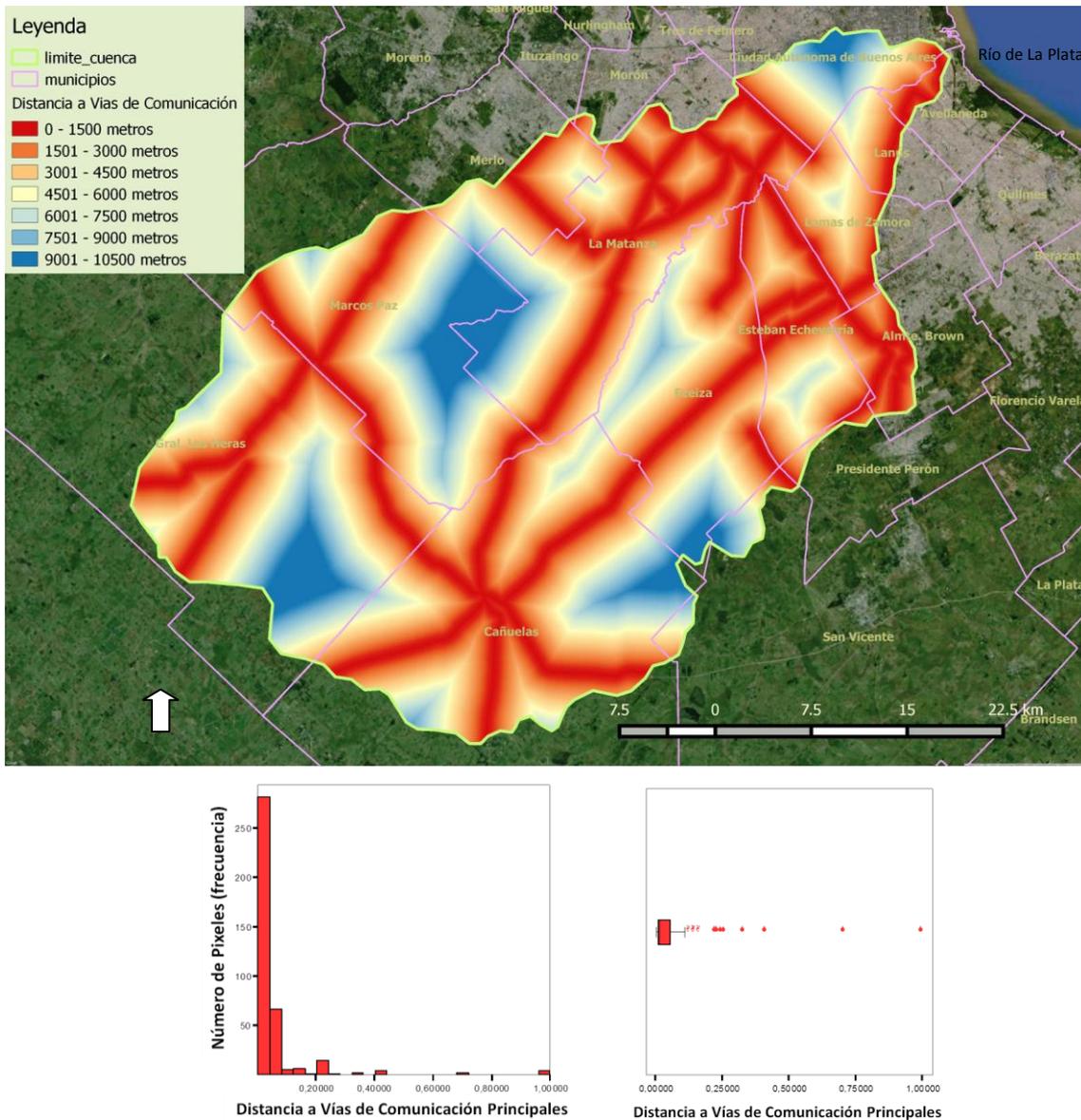


Figura 29. Matriz de cercanía a vías de comunicación principales

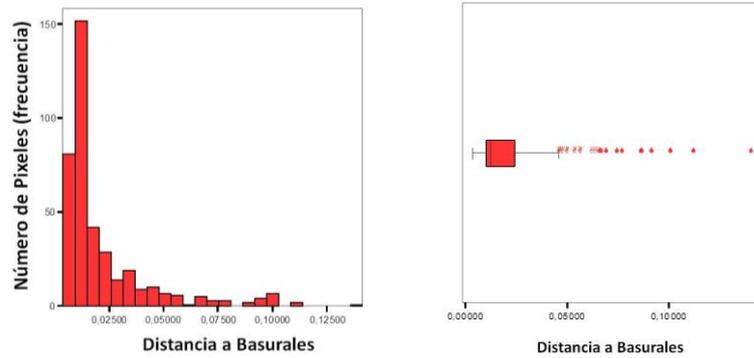
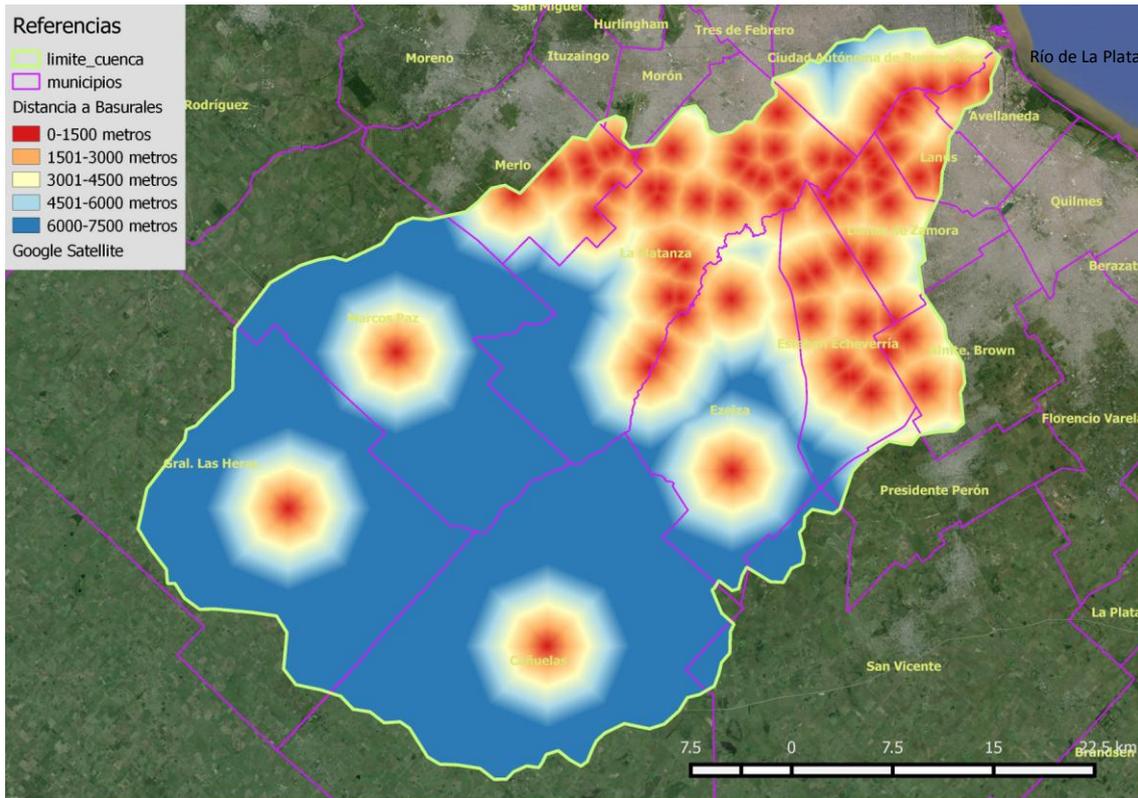
La CMR es un área atravesada por múltiples vías de comunicación, altamente transitadas, en su mayoría conectan la CABA con la periferia, por ejemplo la autopista Ricchieri, la ruta 205 y la ruta 3. También existen vías de comunicación que interconectan en conurbano bonaerense como el camino de cintura, la Autopista Ezeiza – Cañuelas y la ruta 6. Como se observa en la figura 29 existen muy pocos pixeles con valores altos de distancia, también se observa a la derecha del histograma, esto se debe a la amplia cobertura de vías de comunicación.

### **V.3. Cercanía a Basurales**

El procedimiento para la construcción de esta matriz es idéntico a las anteriores (cercanía a agentes contaminantes y cercanía vías de comunicación principales).

Los datos de los basurales fueron obtenidos de la página de ACuMaR y fueron georreferenciados por su dirección postal. Se presenta también un histograma y diagrama de caja para conocer la distribución de la variable (figura 30).

Cada pixel de la imagen (valor de celda de la matriz) representa un valor medido en unidades de distancia, partiendo del valor máximo en la línea donde se ubica el basural, esta medida se expresa en la variable independiente del histograma del diagrama de caja. Dicho valor fue normalizado entre cero y uno para facilitar los cálculos posteriores.



**Figura 30. Matriz de cercanía Basurales**

La figura 30 muestra mayor concentración de basurales en la cuenca baja (en torno a la CABA) y media, la frecuencia de los píxeles es más elevada a distancias cortas lo que evidencia la presencia de múltiples basurales. El desplazamiento del diagrama de caja hacia la derecha da cuenta de que existen pocos píxeles de la imagen con distancias lejanas a basurales.

## V.4. Cambios en la Vegetación

La matriz de cambios en el uso del suelo es la misma obtenida en apartado V.1. (Figura 31) “Control de cambios a partir de serie temporal NDVI LANDSAT (2000 – 2011)”. No se presenta la distribución de los datos por tratarse de una variable categórica.

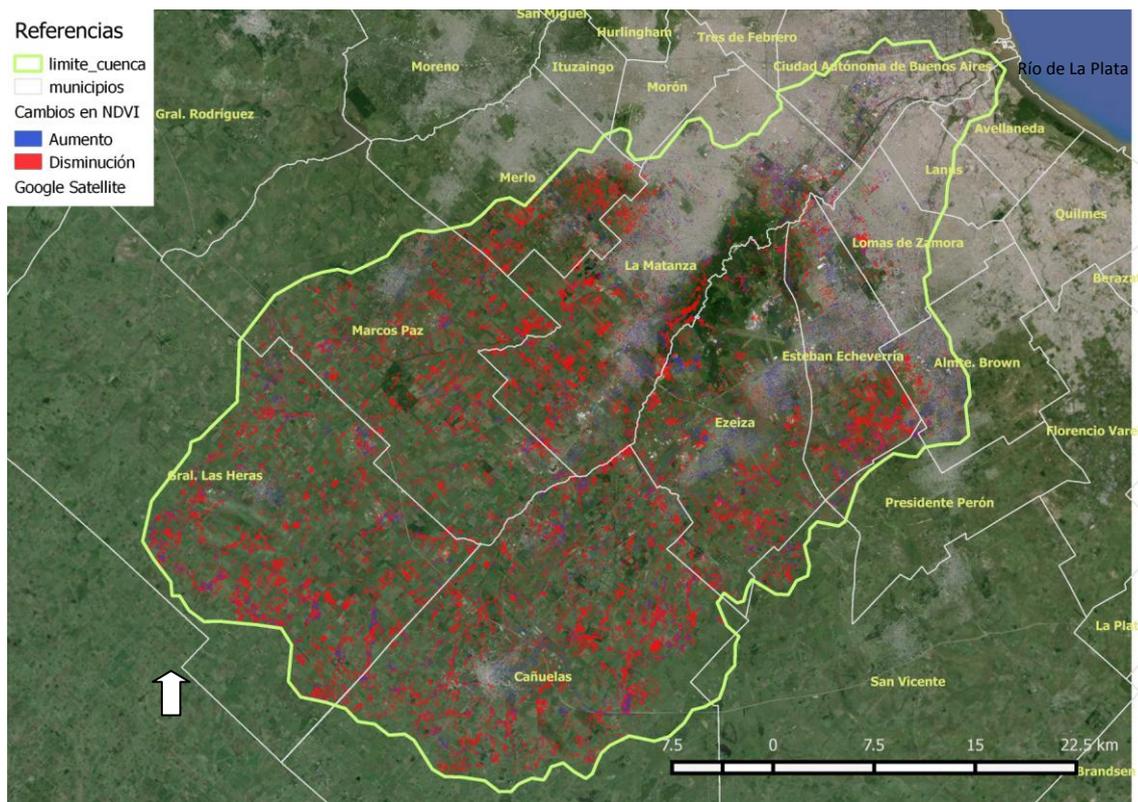


Figura 31. Cambios en la vegetación. Producto realizado a partir NDVI (índice de vegetación de Diferencia Normalizada) del satélite LANDSAT, período 2000-2011.

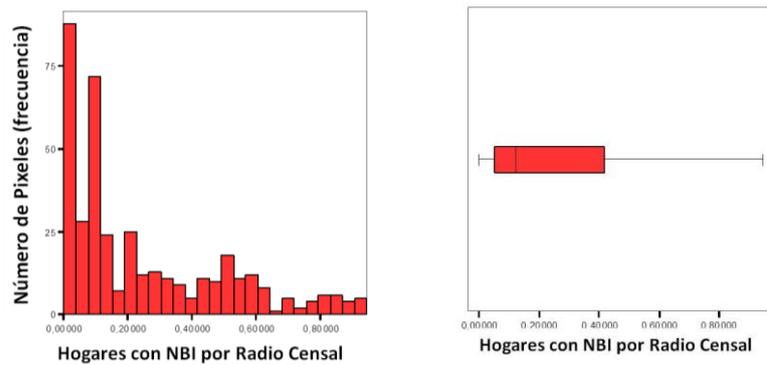
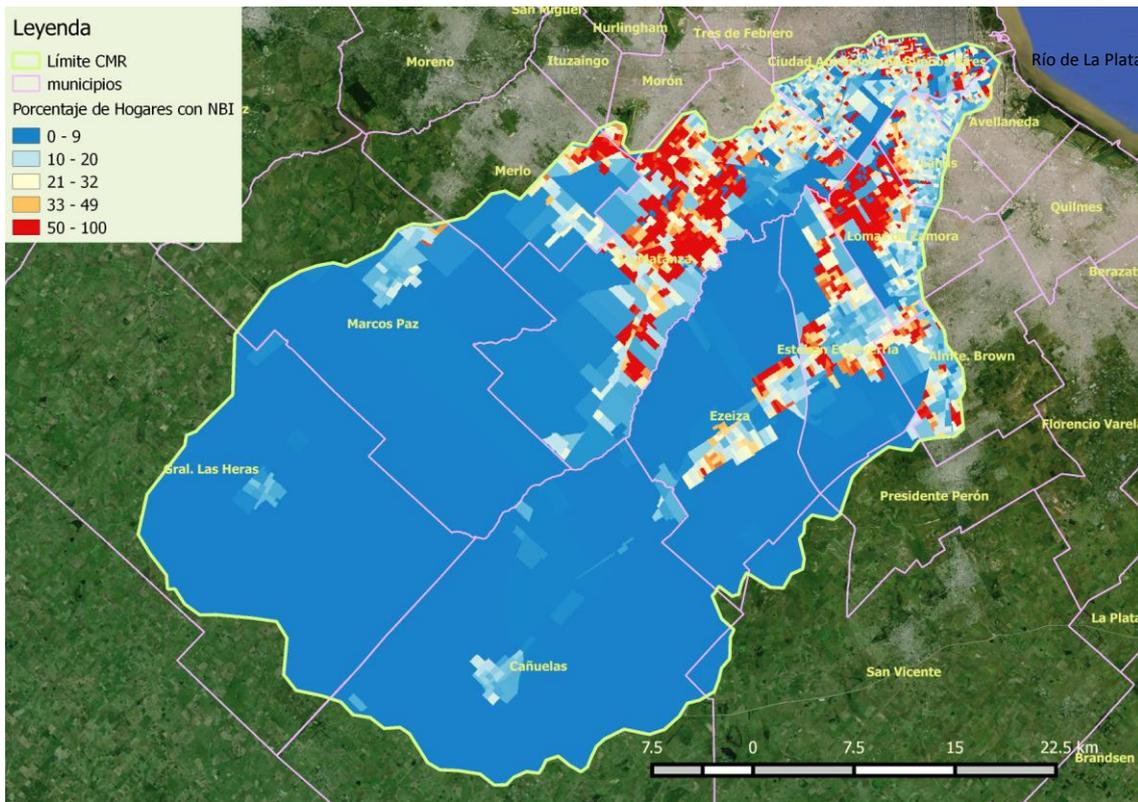
## V.5. Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

El NBI es un índice que se calcula a partir de un método directo para identificar carencias críticas en una población y caracterizar la pobreza. Utiliza indicadores directamente relacionados con cuatro áreas de necesidades básicas de las personas: vivienda, servicios sanitarios, educación básica e ingreso mínimo (INDEC, 2010).

Los hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas son aquellos que presentan al menos una de las siguientes condiciones de privación:

- Hacinamiento: hogares con más de tres personas por cuarto.
- Vivienda: hogares que habitan una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda precaria u otro tipo, lo que excluye casa, departamento y rancho).
- Condiciones sanitarias: hogares que no tienen retrete. • Asistencia escolar: hogares que tienen al menos un niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asiste a la escuela.
- Capacidad de subsistencia: hogares que tienen cuatro o más personas por miembro ocupado, cuyo jefe no hubiese completado el tercer grado de escolaridad primaria.

Para la realización de la matriz de NBI (figura 32), se obtuvieron los archivos de las bases de datos del último Censo Nacional de Hogares y Viviendas del año 2010 a nivel de radio censal, estos datos fueron georreferenciados en formato vectorial. Una vez realizado el mapa vectorial se rasterizó con el mismo procedimiento que las demás variables ambientales.



**Figura 32. Necesidades básicas insatisfechas**

La figura 32 muestra mayor frecuencia de hogares con bajo NBI distribuidos principalmente en la cuenca alta, en cambio los radios censales con mayor porcentaje de hogares con NBI se agrupan en los municipios de la Matanza y Lomas de Zamora.

## **V.6. Modelo de Elevación Digital (DEM)**

El modelo de elevación digital permite conocer el valor de altura sobre el nivel del mar de cada pixel de la matriz. Para la CMR es una variable de importancia sustantiva ya que muchos de los predios donde se asienta la población vulnerable son bajos e inundables.

El DEM utilizado es producto del sensor ASTER (figura 33) con 30 metros de resolución espacial horizontal (confianza del 95 %) y 20 metros de resolución vertical (confianza del 95 %). Estos productos poseen cobertura global y se encuentran disponibles en <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>

El desarrollo barrial, al igual que el crecimiento industrial, ocurrió sin la infraestructura adecuada, sin servicios, sin planes de desarrollo y en muchos casos, en zonas inadecuadas, bajas o inundables de forma esporádica. Sin una rigurosa mensura de las cotas en las que esos terrenos se emplazaban, fueron loteados y vendidos o cedidas a nuevos migrantes del interior y a pobladores de las villas que anhelaban un terreno para construir su vivienda. Estos son los casos típicos de las zonas de alto riesgo ambiental, que se encuentran en la parte más baja de la cuenca (Malpartida, 2001).

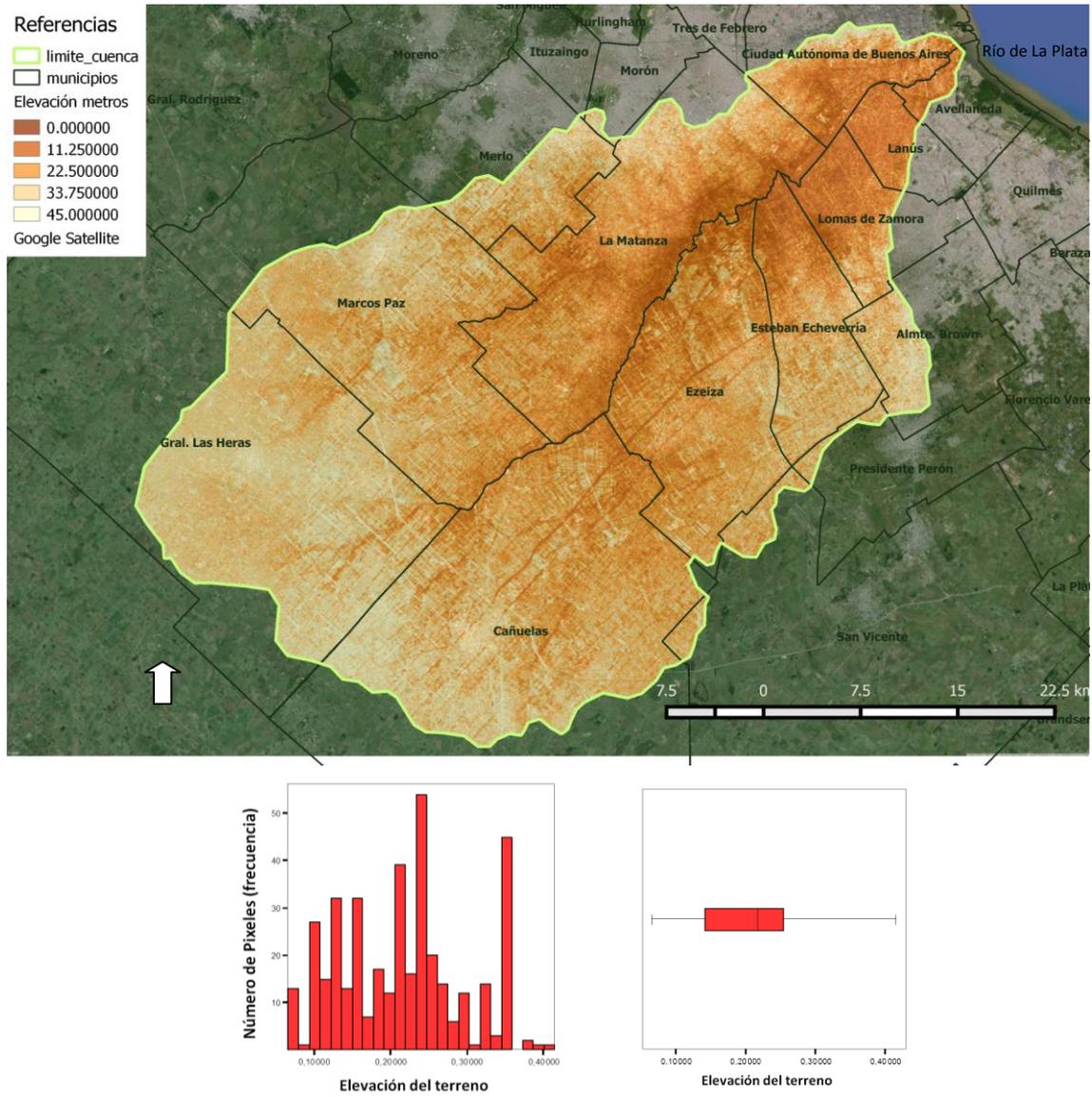


Figura 33. Modelo de elevación digital ASTER.

En este capítulo se logró ordenar y pre-procesar toda la información que fue utilizada como insumo para la clasificación del riesgo en el capítulo VI. Cada matriz georreferenciada se incluyó como capa en un meta archivo, permitiendo procesar los datos con su referencia espacial asociada.

## **VI- DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE RIESGO PARA LA SALUD AMBIENTAL**

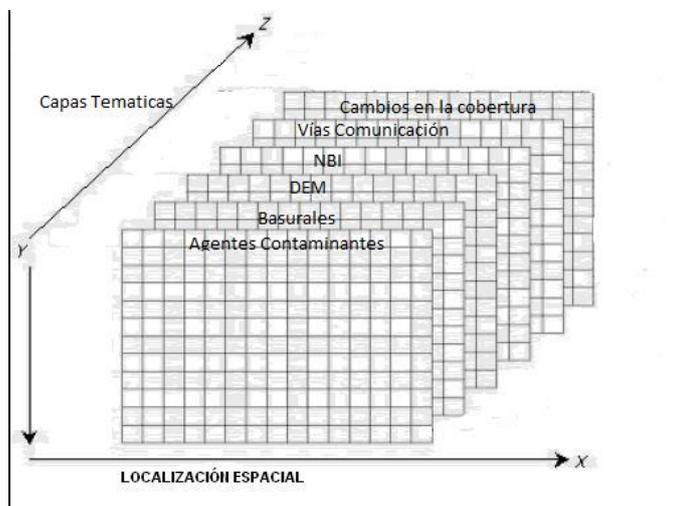
- Redes Neuronales Artificiales
- Entrenamiento y salida de una Red Neuronal
- Validación de la clasificación del riesgo

Desde la perspectiva ambiental, el riesgo se ha intentado dimensionar, como las posibles consecuencias económicas, sociales y ecológicas que pueden ocurrir en un lugar en un tiempo determinado. Sin embargo, la concepción del riesgo no ha sido integral sino fragmentada, de acuerdo con el enfoque de cada disciplina involucrada en su valoración. Para estimar el riesgo de acuerdo con su definición es necesario tener en cuenta, desde un punto de vista multidisciplinario, no solamente el daño físico esperado, las víctimas o pérdidas económicas equivalentes, sino también factores sociales, organizacionales e institucionales, relacionados con el desarrollo de las comunidades. En la escala urbana, por ejemplo, la vulnerabilidad como factor interno de riesgo, debe relacionarse no solamente con la exposición del contexto material o su susceptibilidad física de ser afectado, sino también con las fragilidades sociales y la falta de resiliencia de la comunidad expuesta (Cardona & Hurtado, 2000).

Un enfoque integral y herramientas que incorporen la complejidad en su funcionamiento constituyen un medio adecuado para tratar de manera homogénea un sistema complejo como el constituido por sociedades humanas inmersas en un entorno natural dinámico, sistema del que se dispone información incompleta, tanto cuantitativa como cualitativa sobre sus condiciones. Por este motivo, es razonable adoptar para la formulación de escenarios de estimación y gestión del riesgo con miras a su mitigación preventiva, con un modelo que incorpore información diversa. En el capítulo III se presentó el marco teórico del riesgo y se realizó un modelo para estimarlo a escala local, una de las principales limitaciones de éste fue la asignación de pesos a las variables predictoras. En este capítulo, en cambio, la restricción de las ponderaciones se vio superada al implementar un algoritmo que ajuste los pesos automáticamente de acuerdo a un grupo de indicadores georreferenciados.

En este contexto se ha construido una red neuronal conformada por una serie de variables en la capa de entrada que se interrelacionan entre sí para conformar capas ocultas de neuronas que asocian información ecológica, social y económica que configura el riesgo de manera holística mediante pesos y funciones de pertenencia.

Las variables ambientales procesadas en el capítulo anterior fueron incluidas en capas geográficas en un archivo de formato ráster, la figura 34 es un esquema de la conformación de este archivo. Todas las matrices se realizaron con una resolución espacial a 30 metros tomando el NDVI y el DEM como base.



**Figura 34. Esquema de archivo ráster realizado con las variables ambientales**

También se normalizaron los valores entre cero y uno para simplificar el procesamiento y análisis de los resultados de la siguiente manera:

$$(DN - \min) / (\max - \min)$$

Donde DN es el valor del pixel, min es el valor mínimo de la matriz y max es el valor máximo.

## VI.1. Redes Neuronales Artificiales

El término Red Neuronal Artificial (ANN) se aplica a una familia de modelos relacionados de manera aproximada que se caracteriza por un gran espacio de parámetro y una estructura flexible y que proviene de los estudios sobre el funcionamiento del cerebro. Conforme fue creciendo este método, se diseñó la mayoría de los nuevos modelos para aplicaciones no biológicas, aunque gran parte de la terminología asociada relega su origen (Haykin, 2009).

Las definiciones específicas de redes neuronales son tan variadas como los campos en que se utilizan. Aunque no hay una sola definición que abarque a todos los modelos.

Una red neuronal es un procesador distribuido en paralelo de forma masiva con una propensión natural a almacenar conocimiento experimental y convertirlo en disponible para su uso. A semeja al cerebro en dos aspectos:

- El conocimiento se adquiere por la red mediante un proceso de aprendizaje.
- Las fuerzas de conexión interneuronal, conocidas como ponderaciones sinápticas, se utilizan para almacenar el conocimiento (Ripley, 2001).

Los tres conceptos clave de los sistemas nerviosos que se pretende emular en los artificiales son: paralelismo de cálculo, memoria distribuida y adaptabilidad al entorno (Del Brío & Sanz, 2005).

La red artificial es una metáfora del sistema real que tiene el propósito de construir un procedimiento de procesamiento de información que es paralelo, distribuido, auto organizado, aprende y se adapta. En un sentido débil del término la red artificial es inteligente (Hilera & Martinez 1995).

Como modelo, la red neuronal está compuesta de capas y nodos. Cabe distinguir tres capas. La capa de entrada que recibe la información del exterior; capas ocultas cuyas entradas y salidas operan dentro de la red y la capa de salida que envía la información al exterior.

La neurona artificial recibe la información de las neuronas vecinas ponderada por los pesos de las conexiones entre ellas. La suma de la información ponderada corresponde a la entrada total de información para una neurona cualquiera. Se utiliza una función que opera sobre la información de entrada –función de salida para calcular el valor a enviar a las otras neuronas. Las entradas y salidas no son señales electroquímicas sino valores numéricos. Según el peso sináptico asociado a la conexión la señal será excitadora o inhibidora. Los pesos sinápticos positivos generan una conexión excitadora asociada a la activación y los pesos negativos impiden la activación (Ripley, 2001).

En este contexto se ha desarrollado la noción de aprendizaje adaptativo (Hilera & Martinez, 1995) que califica a la red como sistema dinámico autoadaptativo. Son sistemas adaptativos en tanto pueden autoajustar los procesos que se verifican en el sistema. Son sistemas dinámicos dado que pueden cambiar constantemente para adaptarse a nuevas exigencias. Nótese que una red neuronal no requiere de un algoritmo para mejorar su resultado. La misma red adecua los pesos sinápticos. La red

aprende a reformular las conexiones inter neuronas en función de su experiencia (Villa et al., 2008).

### VI.1.1. Perceptrón Multi-Capas

El procedimiento Perceptrón Multicapas (MLP) genera un modelo predictivo para una o más variables dependientes (de destino) basada en los valores de las variables predictoras.

Posterior al conocimiento de las limitaciones del modelo del perceptrón relacionadas a la linealidad de los datos de entrada y salida, se pensaba que esta dificultad podía ser superada mediante la inclusión de capas ocultas entre la capa de entrada y salida, sin embargo no había ningún algoritmo para resolver ANNs multicapas. El trabajo de Rumelhart et al. (1986) fijó las bases que permitieron posteriormente el desarrollo del MLP. En el mismo se presenta el re-descubrimiento del Algoritmo de Propagación Dirigida hacia Atrás, el cual había sido presentado previamente por Werbos (1994).

En la figura 35 se muestra la estructura de un MLP Dirigido Hacia Adelante, la cual se caracteriza por el hecho de que, cada neurona de cada capa, está conectada con cada neurona de la próxima capa. En este caso se deben implementar dos funciones de activación una para activar a las neuronas de la capa oculta al ser estimuladas por las neuronas de la capa de entradas, y otra para activar las neuronas de la capa de salida tras ser estimuladas por las neuronas de la capa oculta.

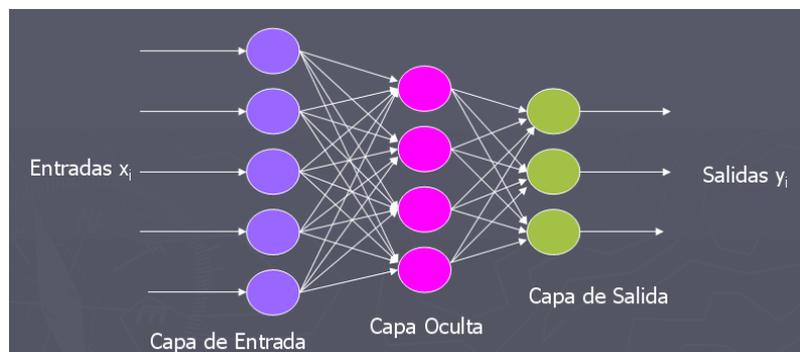


Figura 35. RNN. Perceptrón multicapa dirigido hacia adelante, se muestra la capa de entrada de datos, una capa oculta, y una de capa de salida (Hsieh, 1998).

En este contexto se define entrenamiento de una ANN al proceso de determinar valores óptimos de pesos sinápticos que maximicen la aproximación del conjunto de salidas de la ANN con el conjunto de datos que representan la meta en la fase de entrenamiento (Rojas et al., 2010). Las características intrínsecas de la ANN determinan en gran medida su capacidad y propiedad para ser entrenadas, entre estas características se pueden mencionar estructura de la ANN, forma de inicialización de la red, así como fases de regularización que permiten la auto-evaluación en tiempo real del proceso de entrenamiento.

Para el entrenamiento de la red se utilizó el software ENVI versión 4.8, empleándose un 80 % de los datos (1554 puntos/píxeles) para el entrenamiento y el 20 % restante se utilizaron para la validación (518 puntos/píxeles).

La clasificación por ANN implicó determinar una serie de parámetros que inciden en el comportamiento y resultado final del procesamiento, estos parámetros que a continuación se describen, se fijaron de manera empírica en un marco definido de acuerdo a criterios recomendados en los tutoriales del programa utilizado y bibliografía citada.

Training threshold contribution (contribución del umbral de entrenamiento): controla el tamaño del cambio de los pesos en cada iteración. El rango de valores de este umbral oscila entre 0 y 1,0. Un valor bajo implica umbrales más estrictos para la asignación de pesos, mientras que un valor muy elevado podría inducir a generalizaciones pobres. Para la clasificación final este parámetro se fijó en 0,5.

Training momentum (impulso de entrenamiento): este parámetro acelera la convergencia de los pesos. El rango de valores de este umbral oscila entre 0 y 1,0. Su efecto es fomentar los cambios de pesos, un valor bajo implica menores oscilaciones mientras que un valor cercano a uno genera fuertes oscilaciones retrasando el entrenamiento (Funahashi, 1994). Para la clasificación final este parámetro se fijó en 0.8.

La función logística se utilizó para activar la red, ya que en las tareas de clasificación, las neuronas normalmente toman la función de activación sigmoidea. Para aprovechar la capacidad de las ANN de aprender relaciones complejas o no lineales entre variables, se recomienda la utilización de funciones no lineales (Biang\_Zih et al., 2009).

Respecto a la arquitectura de la red, se usaron dos capas ocultas considerando que se debe usar el mínimo número de neuronas ocultas con las cuales la red rinda de forma adecuada. Utilizar una sola neurona generaría un cálculo lineal (Muñoz Ríos, 2014).

El número de neuronas de la capa de entrada está determinado por el número de variables predictoras en este caso fueron seis (6).

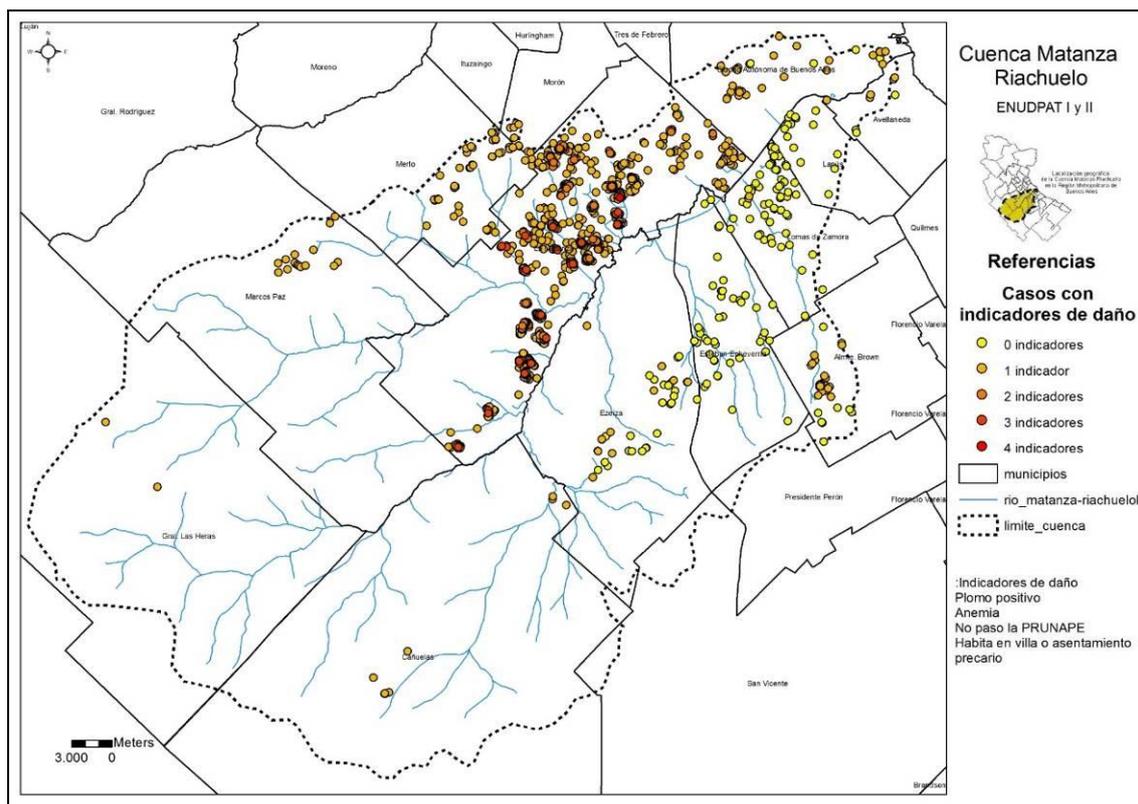
## **VI.2. Entrenamiento de la Red Neuronal**

Se utilizaron como grupo de entrenamiento para la ANN, los resultados del segundo capítulo, es decir, el índice de riesgo compuesto por los “casos con indicadores de daño” (figura 36).

Los indicadores de daño son:

- Plomo capilar
- Anemia
- No paso la PRUNAPE
- Habita en villas o asentamientos precarios

El grupo de entrenamiento se trata de áreas de las que se conoce a priori una o más variables asociadas, en este caso la presencia de indicadores de daño. El objetivo de la clasificación del riesgo es analizar los datos de entrenamiento y, mediante un método supervisado, desarrollar una descripción o un modelo utilizando las características disponibles en los datos.

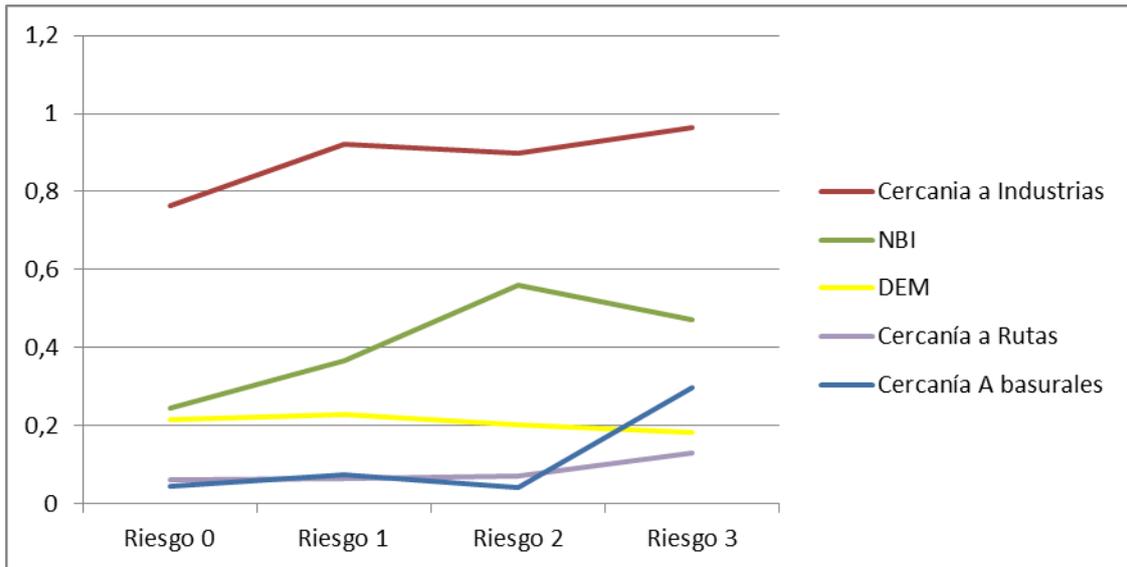


**Figura 36. Índice de daño ambiental. Clases de entrenamiento para las RNN**  
La distribución espacial de los indicadores muestra un marcado patron nord oeste – sud este. Ubicándose en el Municipio de la Matanza la mayor concentración de casos con 3 y 4 indicadores.

Los datos son puntuales y sirvieron para indicar que en esos lugares existe un determinado nivel de daño. En base a estas muestras, que representan las categorías de salida y a las características ambientales asociadas (variables predictoras), la red neuronal clasifica el resto del área de estudio.

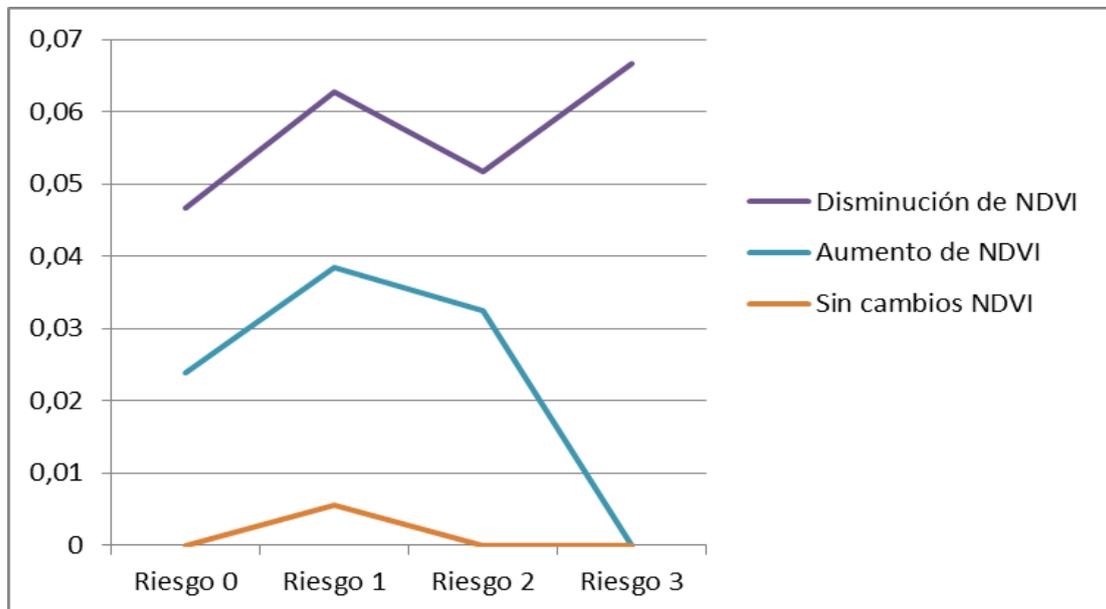
Por lo tanto, luego del procesamiento, se espera obtener una matriz con 5 niveles de riesgo, uno por la presencia de cada indicador y otro sin riesgo para toda el área de estudio.

Para conocer el comportamiento de los grupos de entrenamiento en las variables predictoras de la red, se decidió graficar la mediana de cada grupo en un gráfico lineal (figuras 37 y 38). Esta medida central fue elegida ya que es más robusta que el promedio, especialmente para variables con distribución asimétrica (no normal).



**Figura 37. Comportamiento de la mediana de los grupos de entrenamiento en las variables predictoras de la RNN**

En la figura 37 se observa, en terminos generales, un aumento del valor medio de las variables a medida que aumenta la categoría de riesgo. Este comportamiento es mas notorio en “cercanía a basurales” y “cercanía a industrias”. Para NBI se observa un aumento absoluto de los valores, pero una leve disminución para el riesgo tres en relación al riesgo dos. En cambio el DEM muestra una leve disminución a medida que aumenta el riesgo.

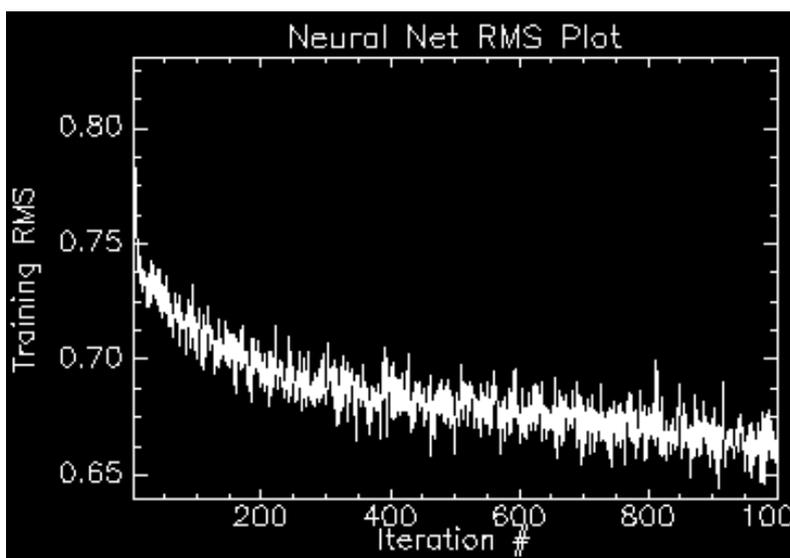


**Figura 38. Comportamiento de la mediana de los grupos entrenamiento en las variables predictoras de la RNN**

En la figura 38 se observa en terminos absolutos un aumento de la variable “Disminución del NDVI” lo cual significa que a mayor riesgo se da una disminución de la vegetación en el periodo abordado. “Aumento del NDVI” cae a medida que aumentan las categorias de riesgo, lo cual es consonante con lo anterior y con la “casi no” variación de “Sin cambios NDVI”

En general, en comportamiento de la mediana de las variables ambientales en los grupos de entrenamiento, sigue una logica conceptual coherente, en relación a la teoria de la dinámica del riesgo definida en el capitulo III. Esto es mas claro en terminos absolutos que relativos, ya que no es tan evidente la direncia entre las clases 1 a 3, como lo és entre las clases 0 y 1 y entre las clases 0 y 4.

Durante el proceso de entrenamiento, la RNN ajusta las ponderaciones y calcula en cada interacción el error medio cuadratico en relación a los datos de entrenamiento (figura 39).



**Figura 39. Entrenamiento de la RNN. Comportamiento del error medio cuadrático en cada interacción.**

Se muestra el error del entrenamiento de la red multicapa de 7 neuronas en la capa de entrada, 1 neurona en la capa de salida y 2 capas ocultas. El error del entrenamiento después de 10 000 iteraciones fue de 0.67

### VI.3. Salida de la Red Neuronal

El resultado de la red neuronal fue una matriz de datos con 4 niveles de riesgo ambiental (figura 40).

Riesgo 0 = Ningún Indicador de daño

Riesgo 1= Un indicador de daño

Riesgo 2 = dos indicadores de daño

Riesgo 3 = 3 o 4 indicadores de daño

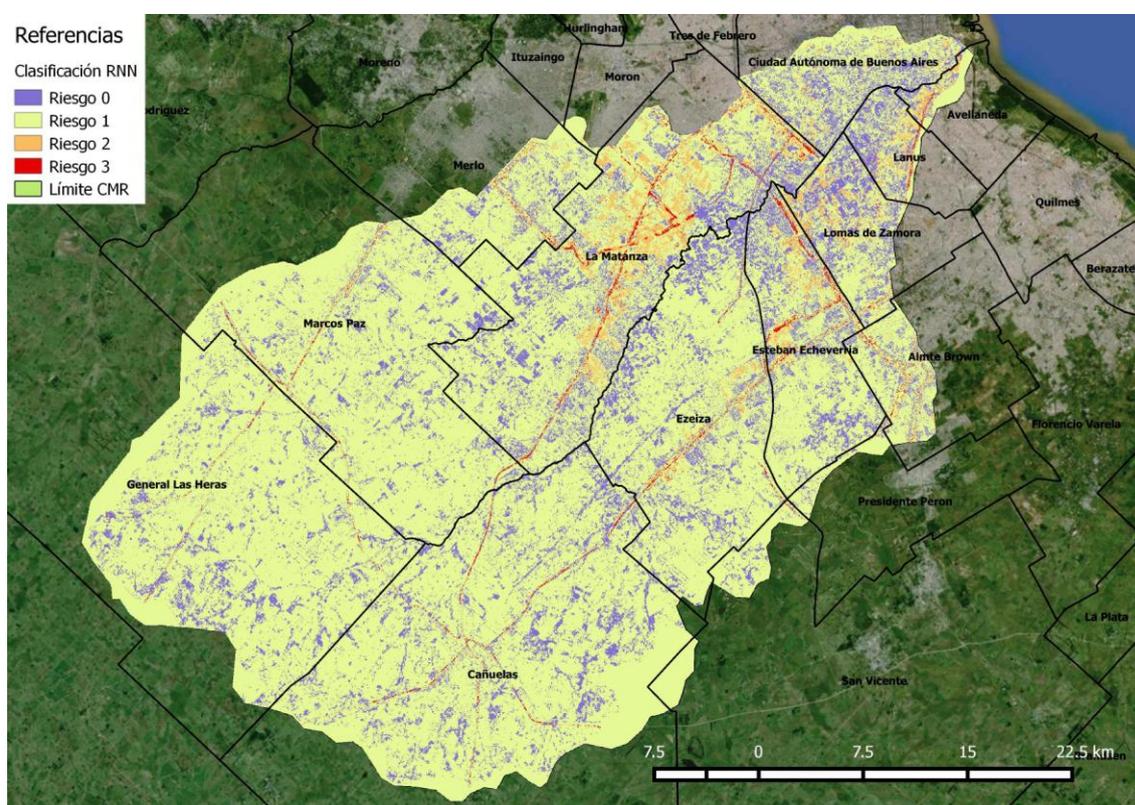


Figura 40. Clasificación por la red neuronal artificial

En la figura anterior la clase “riesgo 1” cubre el 80,45 % de toda la superficie de la CMR, sin embargo se observa mayor frecuencia en la cuenca media y alta. En segundo orden con el 16,54 %, la clase “riesgo 0” se distribuye con bastante homogeneidad por toda la cuenca, pero de forma más agrupada que la clase anterior. En tercer lugar, la clase “riesgo 2” ocupando el 2,15 % del total, pero su distribución se encuentra agrupada principalmente en la zona norte de la cuenca media y en la zona sur de la cuenca baja. La clase riesgo 3, en cambio, es la menos frecuente

cubriendo solo el 0,81 % del área de estudio y posee mayor frecuencia en la cuenca media.

#### VI.4. Validación de la clasificación del riesgo por la Red Neuronal

A continuación se presenta la validación de los resultados de la clasificación. Para este procedimiento se calcularon las matrices de confusión y los índices de exactitud global que es el cociente entre píxeles correctamente clasificados y el total de los píxeles, y el Coeficiente Kappa que omite el resultado producido por el azar y se centra en los obtenidos por la clasificación, este índice oscila entre 0 y 1 (Tablas 13 y 14).

**Tabla 13. Matriz de confusión. Los valores absolutos expresan número de píxeles**

Píxeles		Viviendas con indicadores de daño			
Clasificación del Riesgo		Indicadores=0	Indicadores=1	Indicadores=2	Indicadores=3
	Clase 0	93	20	21	18
	Clase 1	48	39	25	21
	Clase 2	18	41	30	35
	Clase 3	21	25	29	34
Exactitud Global: 0,6447368					
Coeficiente kappa: 0,6143214					

**Tabla 14. Matriz de confusión. Los valores expresan porcentajes**

Porcentaje		Viviendas con indicadores de daño			
Clasificación del Riesgo		Indicadores=0	Indicadores=1	Indicadores=2	Indicadores=3
	Clase 0	51,67	16,00	20,00	16,67
	Clase 1	26,67	31,20	23,81	19,44
	Clase 2	10,00	32,80	28,57	32,41
	Clase 3	11,67	20,00	27,62	31,48
Exactitud Global: 64,47368 %					
Coeficiente kappa: 0,6143214					

Como se observa en la matriz de confusión, la clase que mejor clasifiqué es la clase riesgo 0. Por lo tanto se puede asumir que la red no tuvo la suficiente sensibilidad de separar las clases según la cantidad de indicadores de riesgo. Pero si discriminó en mejor medida, al menos la presencia de un indicador. Esto se puede interpretar como que la sola presencia de un indicador de daño es un fuerte componente del riesgo ambiental y la adición de otro indicador de riesgo no significa un aumento sustantivo en el riesgo ambiental total.

En la figura 41 se muestran discriminadas las clases de riesgo 2 y 3 (las más elevadas) sobre una imagen satelital de alta resolución.

La clase de riesgo 3 cubre en total una superficie de solo 16,756 Km<sup>2</sup>, prácticamente no está presente en la CABA, mientras que en mayor o menor medida aparece en los demás municipios. Se presenta con mayor cobertura en La Matanza, Merlo, Ezeiza, Esteban Echeverría y Almirante Brown. Es notable que en los municipios de la cuenca alta se estimara mayor superficie de riesgo 3 que de riesgo 2.

El riesgo 2 posee una superficie de 44,149 Km<sup>2</sup>, cubriendo una amplia superficie los municipios de Avellaneda, Lanús y Lomas de Zamora con menor presencia en La Matanza, Esteban Echeverría y CABA.

Es notable que las dos clases de riesgo más desfavorable ocuparan en su conjunto solo el 3% del total de la superficie de la CMR

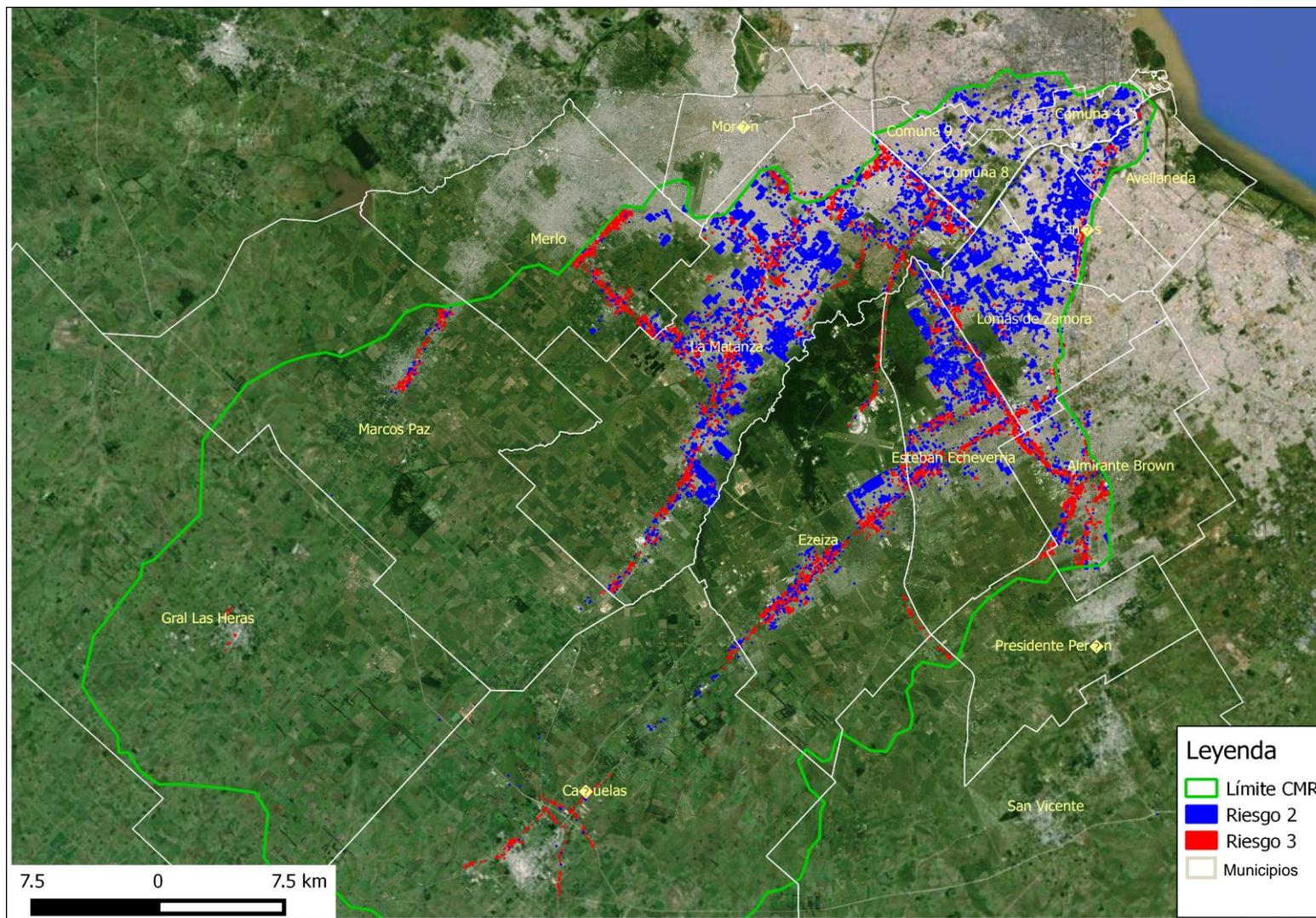


Figura 41. Mapa con las áreas de mayor riesgo.

## **VII- CONCLUSIONES**

En la presente investigación se abordó la complejidad que se establece entre la salud y el ambiente en un contexto como la Cueva Matanza Riachuelo. Caracterizándose, a partir de un enfoque espacial, algunos de los múltiples factores que inciden en la salud ambiental de las personas y las relaciones dinámicas que se establecen entre ellos.

Teniendo en cuenta el volumen de datos relevados en campo por ACuMaR, es importante destacar que durante el transcurso de este trabajo fue georreferenciada gran parte de la información, incorporándola a un SIG integrado, que funciona en el Área de Análisis Espacial de la DGSA de dicha institución.

A través del análisis espacial local fue posible detectar áreas donde se supone un mayor daño a la salud de la población, se observó que la distribución de variables como plumbemia y anemia responde a un contexto ambiental determinado.

Por lo anterior resultó fundamental la importancia de abordar el riesgo ambiental de la población para anteponerse al daño a la salud, en tal sentido el análisis de Villa 21-24 permitió entender más en profundidad acerca de la dinámica de las variables que intervienen en esta problemática. Por ejemplo, la correspondencia espacial de los clúster de plomo capilar, del ex basural ocupado por viviendas y de las áreas de riesgo, es uno de los resultados más destacados del análisis local.

Con respecto a la evaluación del riesgo de Villa 21-24, surge la necesidad de revisar los pesos de las variables de amenazas y vulnerabilidades sociales, para lo cual se propone la realización de análisis multivariados y reuniones con expertos en las diversas temáticas aplicando metodologías de ponderación.

El desarrollo de la metodología para la clasificación del riesgo a escala de cuenca, se enmarcó en los resultados obtenidos a escala local. Las variables ambientales fueron tomadas de fuentes secundarias, lo cual implica una ventaja a la hora de replicar esta metodología. Vale aclarar que las mismas no son definitivas y permitieron alcanzar resultados aceptables, utilizando la herramienta de clasificación por redes neuronales. Esta herramienta es superadora, con respecto a la utilizada a nivel local, ya que los pesos de las variables se asignan automáticamente a partir del entrenamiento de la red.

Los resultados mostraron que las zonas de mayor riesgo cubren una baja proporción de la superficie de la CMR, con lo cual se propone continuar con el análisis de estas áreas, por ejemplo con estudios de campo que integren la problemática de la salud ambiental. En este sentido, sería de interés analizar en qué medida variables como plumbemia o anemia están presentes en la población que habita en las áreas de alto riesgo.

A su vez, es destacable que la implementación de las RNN incidió positivamente desde el punto de vista práctico, por la capacidad de procesar y clasificar un gran conjunto de datos de diversa naturaleza y distribución. Además, desde lo conceptual, mostró coherencia para modelar el fenómeno del riesgo ambiental, y al ser un sistema adaptativo, “aprende” de la experiencia, esto significa que es posible optimizar el entrenamiento para aumentar la precisión.

Con respecto a las limitaciones en la utilización del algoritmo de clasificación por RNN, se observó que el mismo requiere la asunción de parámetros que modifican el resultado final. Además es necesario realizar múltiples pruebas para determinar el diseño de la arquitectura adecuada, ya que el algoritmo es muy dependiente del problema.

El uso de este tipo de herramientas, aplicadas a la planificación presenta buenas posibilidades ya que permite mejorar la asignación de recursos, y desde lo académico es una línea de investigación importante en temas de modelización del riesgo para la salud ambiental.

Dadas las circunstancias y el momento histórico que transita la CMR, emerge la necesidad de administrar los recursos con mayor certidumbre y con instrumentos lo más eficientes posibles, haciendo uso de las tecnologías disponibles en un marco técnico adecuado. En este orden de ideas se inserta este trabajo, ofreciendo el desarrollo de herramientas para el alerta e identificación de poblaciones en riesgo ambiental para la salud.

Por último, cabe señalar que la metodología propuesta para la delimitación espacial del riesgo, implica un aporte a la hora de priorizar acciones para el saneamiento ambiental y la medición del impacto de políticas públicas. Por otra parte, es una contribución al control de la calidad del ambiente y la inclusión de la población en riesgo al sistema de salud.

## **VIII- BIBLIOGRAFÍA**

- ACuMaR (2006). **Evaluación ambiental del proyecto de desarrollo sustentable de la cuenca hídrica Matanza – Riachuelo**. Capítulo 5: Línea de base y Diagnóstico Ambiental Cuenca La Matanza Riachuelo. Disponible online en: [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/ACuMaRSISaClo/File/borrador/CAP5\\_Linea\\_Base\\_DACMR.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/ACuMaRSISaClo/File/borrador/CAP5_Linea_Base_DACMR.pdf)
- ACuMaR (2009). **Plan Sanitario de Emergencia**. Disponible en <http://www.ACuMaR.gov.ar/ACUsentencias/CausaMendoza/Corte/27/anexo/pseparteii.pdf>
- Altobelli A., Bressan E., Grisi J., & Napolitano R. (2005). **Analisi delle modificazioni del territorio circostante le discariche di 1a categoria nella provincia di Udine**. Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Trieste, Italia. XV Congresso de la Società Italiana de Ecologia.
- Auge M., Hernández M., & Hernández L. (2002). **Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelche en la provincia de Buenos Aires, Argentina**. In E. Bocanegra, M. Hernandez, & E. Usunoff (Eds.), *XXXII International Hydrogeology Congress* (pp. 624-633).
- Barcellos C., & Bastos F. (1996). **Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? Are geoprocessing, environment, and health a possible combination?** *Cad. Saúde Públ*, 12(3), 389-397.
- Barrenechea J., Gentile E., González S., & Natenzon C. (2003). **Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo**. *En torno de las metodologías: abordajes cualitativos y cuantitativos*, 179-196.
- Batchgeo Software. (2013). En línea <http://batchgeo.com/>
- Blacksmith Institute & Green Cross Switzerland (2013). **The Worlds Worst 2013: The top ten toxic threats**. Cleanup, Progress, and Ongoing Challenges, New York, 2013
- Cadle, S.H., Mulawa, P.A., Hunsanger, E.C., (1999). **Composition of light-duty motor vehicle exhaust particulate matter in the Denver, Colorado area**. *Environ. Sci. Technol.* 33, 2328-2339.
- Cardona, O. D., & Hurtado, J. E. (2000). **Modelación numérica para la estimación holística del riesgo sísmico urbano, considerando variables técnicas, sociales y económicas**. *Métodos Numéricos en Ciencias Sociales (MENCIS 2000)*.
- Censo Nacional de Población (2010). **Resultados provisionales del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 en la Ciudad de Buenos Aires**. Disponible [http://www.buenosaires.gob.ar/areas/hacienda/sis\\_estadistico/resultados\\_provisionales\\_censo\\_2010.pdf](http://www.buenosaires.gob.ar/areas/hacienda/sis_estadistico/resultados_provisionales_censo_2010.pdf)
- CSJN (2008). **Mendoza, Beatriz Silvia y otros c/ Estado Nacional. Daños derivados de la contaminación ambiental del Río Matanza – Riachuelo**. Fallo disponible en [http://www.farn.org.ar/riachuelo/documentos/fallo\\_riachuelo080708.pdf](http://www.farn.org.ar/riachuelo/documentos/fallo_riachuelo080708.pdf)

- CSJN (2012). **Derecho Ambiental**. Secretaría de Jurisprudencia de la Corte Suprema de Justicia de la Nación - 1a ed. - Buenos Aires: Corte Suprema de Justicia de la Nación. ISBN 978-987-1625-22-2. CDD 347.077
- Cravino M., Duarte J., Del Río JP. (2006). **Magnitud y crecimiento de las villas y asentamientos en el Área Metropolitana de Buenos Aires en los últimos 25 años**. Disponible en: [http://www.fadu.uba.ar/mail/difusion\\_extension/090206\\_pon.pdf](http://www.fadu.uba.ar/mail/difusion_extension/090206_pon.pdf)
- Cravino M., Del Río, J., & Duarte J. (2008). **Magnitud y crecimiento de las villas y asentamientos en el AMBA en los últimos 25 años**. XIV Encuentro de la Red Universitaria Latinoamericana de Cátedras de Vivienda.
- Chaix B., Merlo J., & Chauvin P. (2005). **Comparison of a spatial approach with the multilevel approach for investigating place effects on health: the example of healthcare utilisation in France**. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 59(6), 517-526.
- Chandola T. (2012). **Spatial and social determinants of urban health in low-, middle-and high-income countries**. *public health*, 126(3), 259-261.
- Chuvieco E. (2003). **Teledetección ambiental**. Ariel Ciencia, Barcelona.
- De Pietri D., Dietrich P., Mayo P., Carcagno A. (2011). **Evaluación multicriterio de la exposición al riesgo ambiental mediante un sistema de información geográfica en Argentina**. *Revista Panamericana de Salud Publica.*; 30 (4):377–87.
- Del Brío B. & Sanz D. (2005). **Redes Neuronales y Sistemas Borrosos**. 2a ed., Editorial Ra-Ma.
- Dramstad W. & Forman R. (1996). **Landscape ecology. Principles in landscape architecture and land-use planning**. Cambridge: Island Press.
- Durán P., Mangialavori G., Biglieri A., Kogan L., & Abeyá Gilardon E. (2009). **Estudio descriptivo de la situación nutricional en niños de 6-72 meses de la República Argentina: Resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (ENNyS)**. *Archivos argentinos de pediatría*, 107(5), 397-404.
- ENVI versión 4.8 (2012)*. *Exelis Visual Information Solutions, Boulder, Colorado*.
- Fairley D. (1990). **The relationship of daily mortality to suspended particulates in Santa Clara County, 1980-1986**. *Environmental Health Perspectives*, 89, 159.
- FARN (2009). **Una política de estado para el Riachuelo**. Disponible en [http://farn.org.ar/riachuelo/documentos/informe\\_riachuelo\\_abr09.pdf](http://farn.org.ar/riachuelo/documentos/informe_riachuelo_abr09.pdf).
- Funahashi K. (1994). **Multilayer neural networks and Bayes decision theory**. *Neural Networks* 11. 209–213.
- García SI, De Pietri D, Bovi Mitre G, Villaamil LE. (2009). **Evaluación de exposición infantil a plomo ambiental en sitios contaminados**. *Revista salud ambiental*; 9(1)

- Godofredo Pebe H., Escate L., Gonzalo M. (2005). **Niveles de plomo sanguíneo en recién nacidos de La Oroya, 2004-2005**. Rev Peru Med Exp Salud Pública. 2008; 25(4): 355-355-60.
- Goodchild M. (1992). **Geographical data modeling**. *Computers & Geosciences*, 18(4), 401-408.
- Greenpeace (2010). **Riachuelo 200 Años de Contaminación**. Campaña de Tóxicos. Disponible en <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2010/5/riachuelo-doscientos-contaminacion-informe.pdf>
- Google Earth (2006). **Imágenes satelitales de villa 21-24**. Ciudad de Buenos Aires. Consulta: 12 agosto 2013. <http://earth.google.com>
- Guerrero E. (2007). **Los determinantes Sociales de la Salud**. Salud Pública. Cali Colombia.
- Haykin S. (2009). **Neural networks and learning machines** (Vol. 3). Upper Saddle River: Pearson Education.
- HILERA J. & MARTINEZ, V. (1995). **Redes neuronales artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones**. 1ª edición. Madrid: Editorial RA-MA. ISBN: 84-7897-155-6.
- Hsieh W. (2001). **Nonlinear principal component analysis by neural networks**. *Tellus A*, 53(5), 599-615.
- INDEC (2013). **Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas, proporcionadas por los censos de población**. Disponible en [http://www.indec.mecon.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=4&id\\_tema\\_2=27&id\\_tema\\_3=66](http://www.indec.mecon.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=4&id_tema_2=27&id_tema_3=66)
- Instituto Geográfico Nacional. (2008). **Base de Datos Geográfica**. Disponible en <http://www.ign.gob.ar/sig>
- Jacobson B. (1984). **The role of air pollution and other factors in local variations in general mortality and cancer mortality**. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 39(4), 306-313.
- JICA I. (2002) **Estudio o Línea de Base de Concentración de Gases Contaminantes en Atmósfera en el Area de Dock Sud en Argentina**
- JICA II. (2003). **Ambiente y salud**. Plan Acción estratégico. Convenio Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Agencia de Cooperación Internacional del Japón en Argentina, 2003.
- Kaiser, K. L. (2003). **Neural networks for effect prediction in environmental and health issues using large datasets**. *QSAR & Combinatorial Science*, 22(2), 185-190.
- Kistemann T., Dangendorf F., & Schweikart J. (2002). **New perspectives on the use of Geographical Information Systems (GIS) in environmental health sciences**. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 205(3), 169-181.

- Kjellstrom T., DeKok T., & Guidotti T. (2002). **Salud ambiental básica**. Oficina Regional de Cultura para América Latina y el Caribe.
- Kordas K., Lopez P., Rosado J., Vargas G., Rico J. A., Ronquillo D., & Stoltzfus, R. (2004). **Blood lead, anemia, and short stature are independently associated with cognitive performance in Mexican school children**. *The Journal of nutrition*, 134(2), 363-371.
- Kulldorff M. (1998). **Statistical Methods for Spatial Epidemiology: Tests for Randomness, in GIS and Health in Europe**, Lytinen M and Gatrel A (eds), London: Taylor & Francis.
- Kulldorff M., Zhang Z., Hartman J., Heffernan R., Huang L., & Mostashari F. (2004). **Benchmark data and power calculations for evaluating disease outbreak detection methods**. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 144-151.
- Lalonde, M. (1974). **Informe de Lalonde sobre el Estado de Salud**. *Determinantes del estado de salud. Canadá*.
- Lindley SJ, Handley JF, McEvoy D, Peet E, Theuray N. (2007). **The role of spatial risk assessment in the context of planning for adaptation in UK urban areas**. *Built Environ*; 33: 46–69
- Lyon J., Yuan D., Lunetta R., & Elvidge C. (1998). **A change detection experiment using vegetation indices**. *Photogrammetric. Engineering and Remote Sensing*, 64(2), 143-150
- Londoño-Linares J., Cifuentes-Ruiz P., & Felipe Blanch J. (2007). **Modelización de problemas ambientales en entornos urbanos utilizando sistemas de información geográfica y métodos multivariantes**. *Revista Internacional de Tecnología, Sostenibilidad y Humanismo*, Diciembre 2007, núm. 2, p. 21-51.
- Malpartida A. (2001). **La Cuenca del Río Matanza-Riachuelo. Recursos Naturales. Compuestos xenobióticos y otros polutantes en la cuenca**. UTN – Universidad Tecnológica Nacional - República Argentina. Disponible en [http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/009InformesEspecialesMatanzariachuelo\\_AlejandroMalpartida.pdf](http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/009InformesEspecialesMatanzariachuelo_AlejandroMalpartida.pdf)
- Mark D., & Csillag F. (1989). **The nature of boundaries on 'area-class' maps**. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 26(1), 65-78.
- May C. (1998). **The Cumulative Effects of Urbanization on Small streams in the Puget Sound Lowland Ecoregion**. [on line] En: *Proceedings of the Puget Sound Research 1998*.
- Miño M. (2011). **Detección de basurales ilegales, rellenos sanitarios, ex basurales, tosqueras y chatarreras en el gran buenos aires, mediante teledetección y sistemas de información geográfica**. Tesis de Maestría en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta temprana a Emergencias. CONAE- IG. Disponible en [http://www2.famaf.unc.edu.ar/carreras/posgrado/documents/maestria\\_aearte/Tesis19nov11Marielav3\\_sinfibron.pdf](http://www2.famaf.unc.edu.ar/carreras/posgrado/documents/maestria_aearte/Tesis19nov11Marielav3_sinfibron.pdf)

- Molina L., Rondón C., Di Bernardo M., Yépez J., & Guerrero L. (2012). **Sideroblastic anemia and basophilic bridged: Biological indicator of occupational exposure to lead and its derivatives.** *Rev. Inst. Nac. Hig*, 43(1), 7-14.
- Moiso A., Barragán H., Mestorino M., Ojea O. (2007). **Fundamentos de Salud Pública.** La Plata: Edulp. p. 161.
- Muñoz Ríos E. (2014). **Determinación de Tasa de Precipitación a partir de datos ATMS mediante un algoritmo basado en Redes Neuronales Artificiales.** Tesis de Maestría en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta temprana a Emergencias. ©IG - CONAE/UNC. © FaMAF – UNC.
- Natenzon C. (1999). **Cuencas hidrográficas y gestión pública en Argentina.** *Revista Geográfica*, 61-75.
- OMS (2013). **Intoxicación por plomo y salud.** Nota descriptiva N°379. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>
- OMS (2014). **Ambientes saludables y prevención de enfermedades.** Disponible en [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/previdisexecsumsp.pdf](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/previdisexecsumsp.pdf)
- PISA (2010). **Plan Integral de Saneamiento Ambiental de la Cuenca Matanza Riachuelo.** Disponible en [www.ACuMaR.gob.ar](http://www.ACuMaR.gob.ar)
- Quantum GIS Development Team (2013). **Quantum GIS Geographic Information System.** Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.
- Quaíni, K. (2011) **Análisis Espacio-Temporal de un Índice de Incidencia Antrópica en la Cuenca Matanza Riachuelo, Provincia de Buenos Aires.** Tesis de Maestría en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta temprana a Emergencias. CONAE- IG. <http://www.famaf.unc.edu.ar/wp-content/uploads/2014/04/5-Gulich-QUAINI.pdf>
- Ripley B. (2001). **Neural networks as statistical methods in survival analysis.** *Clinical applications of artificial neural networks*, 237-255.
- Rojas M., Vázquez J., Castillo J. & Cardenas M. (2010). **Modelado del riesgo de la vivienda urbana para la salud y el empleo de redes neuronales artificiales para su estimación.** WICC, Calafate.
- Romero H., & Vásquez A. (2005). **Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile.** *EURE (Santiago)*, 31(94), 97-117.
- Rumelhart D., Hilton G. & Williams R. (1986). **Parallel Distributed Processing.** Cambridge: The MIT Press, chapter Learning representations by backpropagating errors.
- Santovenia Díaz J., Tarragó Montalvo C., & Cañedo Andalia R. (2009). **Sistemas de información geográfica para la gestión de la información.** *ACIMED*, 20(5), 72-75.
- SAYDS (2014). **Porcentaje de la población en hogares con acceso a desagües cloacales. De lo ambiental a lo social.** Disponible en <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=6317>

- Smith K., Mehta S., & Maeusezahl-Feuz M. (2004). **Indoor air pollution from household use of solid fuels**. In comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors, 2, 1435-93.
- Suárez A., Mitchell A., Lé pore E. (eds.) (2014). Las villas de la Ciudad de Buenos Aires: territorios frágiles de inclusión social. Buenos Aires: Educa. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/libros/villas-ciudad-buenos-aires.pdf>
- Té lam, Agencia de Noticias (2014). **Riachuelo el Largo Camino de la Limpieza**. Disponible en <http://www.telam.com.ar/informes-especiales/9-riachuelo-el-largo-camino-de-la-limpieza>
- Té llez-Rojo, M. M., Bellinger, D. C., Arroyo-Quiroz, C., Lamadrid-Figueroa, H., Mercado-García, A., Schnaas-Arrieta, L., & Hu, H. (2006). **Longitudinal associations between blood lead concentrations lower than 10 µg/dL and neurobehavioral development in environmentally exposed children in Mexico City**. *Pediatrics*, 118(2), e323-e330.
- Vázquez J., Castillo J., & Cardenas M. (2011). **Modelo Computacional empleando Redes Neuronales Artificiales para la estimación del Riesgo para la Salud de la Vivienda Urbana**. Disponible en [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/20007/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/20007/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Villa F. & Velásquez Reinaldo J. (2008). **Una aproximación a la regularización de redes cascada-correlación para la predicción de series de tiempo**. *Investigação Operacional*, 28 (2008) 151-161.
- Vivier PM, Hauptman M, Weitzen SH, Bell S, Quilliam DN, Logan JR. (2011). **The important health impact of where a child lives: neighborhood characteristics and the burden of lead poisoning**. *Matern Child Health*; 15(8):1195-202.
- Vrijheid M. (2000). **Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature**. *Environmental health perspectives*, 108 (Suppl 1), 101
- Werbos P. (1994). **"The roots of backpropagation: from ordered derivatives to neural networks and political forecasting,"** *Management Science*, 41(3), 555-59.
- Wilches-Chaux, G. (1995). **Particularidades de un desastre**. *Revista semestral de la red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina*.
- World Health Organization (2010). **A conceptual framework for action on the social determinants of health**. Disponible en [http://www.who.int/sdhconference/resources/ConceptualframeworkforactiononSDH\\_eng.pdf](http://www.who.int/sdhconference/resources/ConceptualframeworkforactiononSDH_eng.pdf)
- Zandbergen P., Schreier H., Brown S., Hall K., & Bestbier R. (2000). **Urban watershed management version 2.0**. Institute for Resources and Environment, University of British Columbia, Vancouver, Canadá.





