

Aplicación de la Metodología Diagnostica Riesgo-Vivienda-Salud para el Cálculo del Riesgo de la Vivienda Urbana en Paraguay, Cuba y Argentina

Vázquez JC¹, Castillo JJ¹, Cardenas ME¹, Rojas MdelC², Meichtry NC², Barceló CP³, Amarilla B⁴.

¹*Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Argentina.* ²*Instituto de Investigaciones Geohistóricas (IIGHI-CONICET), Chaco, Argentina.* ³*Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología, La Habana, Cuba.* ⁴*Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción- Dpto. de Arquitectura, Asunción, Paraguay.*

Resumen:

En este artículo se explica el desarrollo de una metodología Diagnostica de Estimación del Riesgo de la Vivienda Urbana para la Salud (DRVS), desde una perspectiva holística del Riesgo. También se describe el modelo computacional asociado (RVS) que implementa esta metodología y se describen los resultados de su aplicación en 3 países de Latinoamérica Paraguay, Cuba y Argentina, que fueron elegidos por ser partes de la red de vivienda saludable de la Organización Panamericana de la Salud. El dominio del problema del riesgo de la vivienda urbana se supone complejo y no lineal, y ha sido modelado empleando redes neuronales artificiales que emula una red conceptual de relación de factores sociales, económicos y demográficos que no se ajusta a los modelos clásicos. El cálculo de un índice de riesgo permitiría a las autoridades de salud dirigir más acertadamente los fondos disponibles, en base a una comparación objetiva entre diferentes asentamientos poblacionales. Se exponen los resultados del trabajo de campo, analizando los factores constituyentes y el índice de riesgo final obtenido en los distintos países donde se aplicó la DRVS.

Palabras clave: riesgo de la vivienda en salud; redes neuronales artificiales; sistema complejo; sistema no lineal.

1. Introducción

Las autoridades gubernamentales ocupadas en temas de salud, tienen siempre un presupuesto acotado para una problemática sensible y compleja, por lo que la decisión de dónde, cuándo y cuántos fondos asignar en salud, no es una tarea trivial y es de gran relevancia para el bienestar de la población que dicha tarea sea llevada a cabo de manera efectiva.

Motivados por esta situación, un grupo de investigadores del Instituto de Investigaciones Geohistóricas (IIGHI) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), bajo la dirección de la Dra. Norma Meichtry y la Dra. María del Carmen Rojas, han desarrollado una metodología para la estimación del riesgo de la vivienda urbana para la salud humana [1],[2]; y para ello se basaron en un enfoque holístico, en el que se estudian los factores que determinan la vulnerabilidad social, considerando a la vivienda como un todo con su entorno, los servicios públicos disponibles, los aspectos sociales y económicos de sus residentes, la capacidad de reacción frente a emergencias, las situaciones de riesgo, entre otros. Los factores involucrados en la determinación del riesgo se han seleccionado premeditadamente de aquellos que pueden encontrarse usualmente en los censos de población, con lo cual el cálculo puede realizarse hacia atrás en el tiempo para estudiar evolución y verificar el ajuste del modelo frente a estadísticas de salud existentes.

La metodología DRVS propone modelar la *incidencia de los factores* tenidos en cuenta sobre conceptos demográficos no mensurables como *resiliencia, exposición y fragilidad social* [2]. Los expertos del IIGHI-CONICET asumen que las relaciones entre dichos factores son no lineales.

El software asociado que implementa computacionalmente dicha metodología se lo ha denominado RVS por sus siglas de Riesgo-Vivienda-Salud. Este sistema software ha sido desarrollado por un grupo de investigadores del Laboratorio de Investigación de Software¹ del Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN-Facultad Regional Córdoba.

La metodología de trabajo tiene como objetivo el fortalecer los sistemas nacionales y locales de vigilancia de los componentes de riesgo y protección de la salud asociada con la vivienda mediante el diseño de nuevos modelos y herramientas que permitan aprehender los procesos que contribuyen a favorecer la desigualdad social y que aporten a generar alternativas para el desarrollo de la región latinoamericana.

El presente artículo en la Sección 2 describe brevemente la metodología del IIGHI-CONICET desde el punto de vista del modelo conceptual del dominio del problema., y de los distintos capitales que intervienen en la determinación del riesgo. En la Sección 3 se expone el Modelo Computacional que implementa la metodología diagnóstica DRVS. La Sección 4 analiza los materiales y métodos desde el punto de vista de los diferentes estratos sociales analizados, las fuentes de información y las poblaciones analizadas. Posteriormente, en la Sección 5 se exponen los resultados de los experimentos realizados, y se muestran los resultados obtenidos, mientras que la Sección 6 realiza una breve discusión acerca de los mismos. Finalmente en la Sección 7 se resumen las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Metodología de Estimación del Riesgo para la Salud

2.1. Modelo Conceptual DRVS

La metodología pertenece al campo del conocimiento y a la práctica de la Medicina Social en América Latina y reconoce como fuente a la tesis doctoral sobre Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos², desarrollada por Cardona Arboleda [3].

Actualmente constituye uno de los elementos básicos para el desarrollo de la línea de investigación sobre vigilancia ambiental que se está trabajando conjuntamente con investigadores de Paraguay, Brasil, Cuba y Venezuela en el marco de la Red Interamericana de Vivienda Saludable de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Pensando en espacios de intervención donde poder crear herramientas sistemáticas de valoración de procesos protectores y deteriorantes de las condiciones de salud-enfermedad, se presenta como un interesante ámbito de trabajo el estudio y la valoración de la vivienda y su influencia en la salud de sus residentes.

La idea básica surge de la necesidad de fortalecer los sistemas nacionales y locales de vigilancia de los factores de riesgo y protección a la salud asociados con la vivienda, a través

¹ <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/msslabs>

² Omar Darío Cardona Arboleda es ingeniero de la Universidad Nacional de Colombia. Fue distinguido por el premio Sasakama de Prevención de desastres de la Organización de Naciones Unidas.

del diseño de nuevos modelos que contribuyan a generar alternativas para el desarrollo saludable y sustentable regional latinoamericano.

Se intenta así mutar el concepto de factores linealmente relacionados con el riesgo en salud, por el de proceso dinámico; se podría decir entonces, que los modos de devenir que determinan la salud se desarrollan mediante un conjunto de procesos y estos procesos adquieren proyecciones distintas frente a la salud, de acuerdo a los condicionantes sociales de cada espacio y tiempo, es decir de acuerdo a las relaciones sociales en que se desarrollan. Consecuentemente, es necesario aproximarse a la vivienda no como un reservorio estático de contaminantes, parásitos, y vectores de transmisión de enfermedades infecciosas, sino como un espacio históricamente estructurado donde también se expresan las consecuencias benéficas y destructivas de la organización social, donde los procesos del espacio construido llegan a ser mediadores necesarios y donde se transforman las condiciones de reproducción social dominantes en bienes o soportes que favorecen la salud, o en fuerzas destructivas que promueven la enfermedad.

Los investigadores del IIGHI-CONICET han propuesto un modelo que trabaja con información de censos de población para la evaluación socio-demográfica y planillas de recuento de datos de gobiernos locales, para la valoración de la resiliencia. Se procura establecer una tipología de viviendas urbanas en relación con la salud humana, con validez para los diferentes niveles sociales, pero su aplicación concreta inmediata, se referirá a las viviendas urbanas marginales. Se presentan los componentes de la amenaza y la vulnerabilidad a partir de las variables de la vivienda que constituyen la amenaza para la salud y variables socio-demográficas que conforman la vulnerabilidad.

El modelo de determinación del índice de riesgo para la salud que implica la vivienda urbana se muestra en la figura 1.

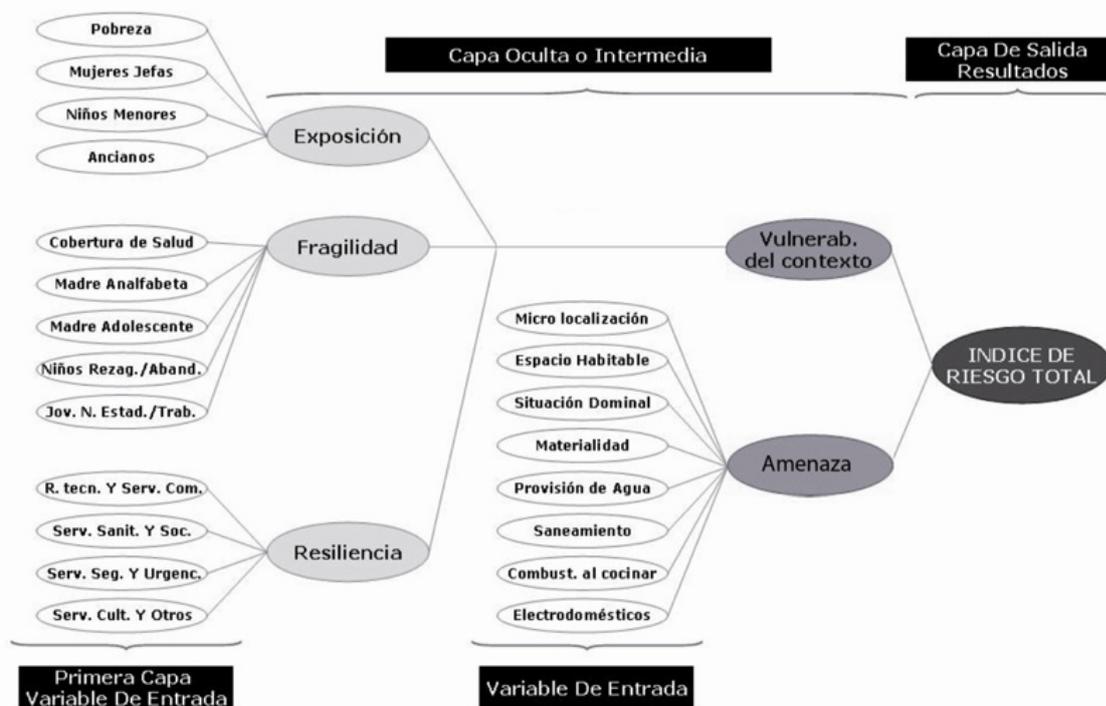


Figura 1: Modelo conceptual de estimación del riesgo propuesto por IIGHI-CONICET.

2.2. La interacción entre capitales para la determinación del riesgo

Los recursos que componen el capital humano, social y físico varían en su importancia en la definición de la vivienda saludable o insalubre, y pueden provocar alteraciones de mayor o menor significación en su desarrollo.

Así, la participación de cada recurso se estableció según su importancia estratégica para la acción, en el sentido de evitar o contrarrestar los procesos destructivos (prevención), y con el fin de fomentar los procesos protectores (promoción de la salud).

Se otorgó mayor valor a la vulnerabilidad social (capital social y humano) que a la amenaza de la vivienda (capital físico) debido a que se consideró que la actividad de la sociedad humana modela los recursos que componen a la vivienda y ésta a su vez revierte su efecto sobre las condiciones del ser humano [2].

Se consideró que el capital social es más importante que el capital humano porque posibilita el acceso a bienes, a servicios o al desempeño de actividades incidiendo sobre el bienestar de los hogares, ya sea porque permiten o facilitan a los miembros del hogar el uso de sus propios recursos o porque les proveen recursos nuevos.

Posteriormente, se llevó a cabo la identificación de las variables que constituyen la amenaza y la vulnerabilidad. Para ello se realizó un análisis jerárquico-estructural con el fin de determinar el impacto que cada variable tiene sobre las demás, en base a la opinión de expertos en ciencias sociales, como demógrafos, sociólogos, médicos, arquitectos. También se tomó en cuenta la opinión de los miembros de comunidades y sus experiencias, mediante un proceso de consenso y retroalimentación. Este proceso involucro la realización de nueve reuniones en distintas sedes académicas, de investigación y comunitarias de cada uno de los expertos y miembros de la comunidades de Paraguay, Cuba y Argentina. Adicionalmente, se realizaron entrevistas, se aplicaron técnicas conversacionales y finalmente se realizó un análisis multicriterio discreto (DMD).

3. El Modelo Computacional

3.1. Elección del Modelo Computacional

Los expertos del dominio analizan describen el problema del cálculo del "índice de riesgo de la vivienda urbana para la salud" como un problema complejo y altamente no lineal. Por otra parte se desconoce, la existencia de una formalización matemática del concepto de "riesgo de la vivienda para la salud" o algún otro concepto equivalente.

Este hecho motivo el desarrollo de una aproximación basada en aprendizaje automático que permitiera inferir un modelo que relacione los factores presentes en el modelo holístico del riesgo, con un valor determinado para el riesgo de la vivienda.

Se optó por modelar el problema computacionalmente siguiendo la estructura del modelo conceptual demográfico. Se eligió entonces a las Redes Neuronales Artificiales (RNA) por ser el modelo que más fielmente representaba el modelo conceptual provisto por los expertos.

El problema fue modelado mediante un conjunto de varias redes neuronales que manera tal que permitan calcular los conceptos intermedios (resiliencia, exposición, fragilidad y vulnerabilidad), ya que son considerados de importancia por los expertos en ciencias sociales y que podrían ser utilizados para otras investigaciones posteriores. Adicionalmente, el cálculo de valores intermedios posibilita realizar estimaciones más acotadas y precisas. Estas estimaciones constituyen los conjuntos de entrenamiento de las Redes Neuronales Artificiales que se emplearon para su estimación.

Los conceptos intermedios y finales no mensurables (resiliencia, exposición, fragilidad, vulnerabilidad, riesgo físico y riesgo total), se indicaron mediante una aproximación porcentual basada en la experiencia de los expertos, donde los valores de factores tomaron valores entre cero y cien. Esta estimación se realizó de manera difusa, ya que proporcionaron intervalos en vez valores individuales, por lo que se procedió a establecer una escala de conjuntos borrosos triangulares, basados en los datos suministrados.

Así, se diseñaron cinco redes neuronales artificiales tipo perceptron multicapa y se entrenaron con el algoritmo de retro-propagación de errores; luego el cálculo final del índice de riesgo se lleva a cabo mediante la aplicación de una combinación lineal en base a ponderaciones indicadas por los expertos.

Las redes neuronales se diseñaron como perceptrón multicapa puro, con neuronas de capa oculta gobernadas por tangente hiperbólica y neuronas de salida lineales; las neuronas de la capa de entrada sólo normalizarían los valores de ingreso para que pertenezcan al rango real $[0,1]$.

El desarrollo del software fue realizado con tecnología Microsoft usando Visual Studio .Net para la implementación y el modelado orientado a objetos para el diseño programas. Este desarrollo fue llevado a cabo por el equipo de trabajo del proyecto RNA-AC – 25/E078 de la Facultad Córdoba de la UTN [4],[5], y [6].

3.3. Módulos del Modelo Computacional

El modelo computacional puede dividirse en dos módulos claramente diferenciados:

- **Módulo de entrenamiento:** este módulo configura las redes neuronales en base a archivos de configuración provistas en formato de texto plano, y que permiten definir la cantidad de capas y la cantidad de neuronas por capa para cada subred. En este módulo se puede configurar el error medio cuadrático aceptado como razonable para terminar con los entrenamientos. Como salida, este módulo crea un archivo descriptivo de la topología neuronal utilizada, el tipo de subred, la fecha de entrenamiento, la cantidad de ejemplos tomados y el valor de los pesos sinápticos obtenidos como resultado del entrenamiento.
- **Módulo de producción:** este módulo es llamado RVS 2.1), y es el que se provee para transferencia a distintos centros de investigación de estudios de población y salud comunitaria. En base a la lectura del archivo descriptivo generado por el módulo de entrenamiento, se configura la red entrenada en memoria y se permite el ingreso de valores reales de poblaciones. Posteriormente, y en base a estos valores de entrada, se efectúa el cálculo por propagación sobre la red de cada subconcepto y del índice total, informando en cada caso los porcentajes de participación según los conjuntos borrosos definidos. Finalmente, se generan informes exportables a planillas Excel para su registro y posterior estudio.

Adicionalmente, en el módulo de producción se incorporó un submódulo software que permite trabajar con lógica difusa, y que permite manejar los valores de conceptos como sensibilidad con términos vagos como: bajo, muy bajo, moderado, alto, muy alto.

De esta manera, se construyeron conjuntos borrosos de estas variables, aplicando para ello conceptos de lógica difusa. En base a la opinión de expertos que trabajan en el enfoque holístico del riesgo para la vivienda urbana, se conformaron cinco conjuntos borrosos tal como se muestran en la Tabla 1 :

Nivel / Calificación	
Muy Bajo	[0,00 a 0,15] Punto medio: 0,075
Bajo	[0,10 a 0,25] Punto medio: 0,175
Moderado	[0,20 a 0,50] Punto medio: 0,350
Alto	[0,40 a 0,75] Punto medio: 0,575
Muy Alto	[0,60 a 1,00] Punto medio: 0,800

Tabla 1. Conjuntos difusos utilizados para las distintas calificaciones

Los conjuntos borrosos junto con su intervalo de pertenencia pueden observarse graficamente en la Figura 2:

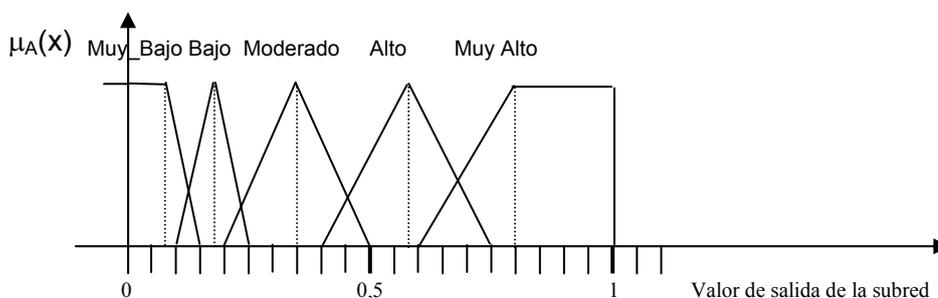


Figura 2. Conjuntos difusos utilizados para las distintas calificaciones

4. Materiales y métodos

4.1. Estratos sociales analizados

La vinculación de los estudios a nivel de micro-estructuras y macro-estructuras permite examinar cualquier estratificación social. Por esto, la validación de la DRVS se realiza en barrios de clases baja, media y alta de las ciudades de Córdoba de Argentina y Asunción de Paraguay. Por otra parte, en el caso de Cuba por no haber división de clases sociales la aplicación de la metodología se hace a nivel de ciudades.

Con respecto a los barrios pobres se seleccionaron aquellos que están próximos a zonas de amenazas naturales y socio-naturales.

El enfoque de clases sociales se adopta de Mora y Araujo [7] y las nociones de amenazas naturales y socio-naturales de Lavell [8].

En la ciudad de Asunción cada barrio seleccionado corresponde a una determinada clase social, sin embargo en algunas ocasiones en ese barrio se ubican también hogares de diferente clase social.

En cuanto a la clase social Alta, tomamos el Country Las Delicias (Argentina) y el Barrio Ciudad Nueva (Paraguay). Como clase Media tomamos al Barrio Alta Córdoba (Argentina) y al Barrio Obrero (Paraguay); y finalmente como clase Baja tomamos a la Villa de Emergencia Los Patos (Argentina) y al Barrio Brugada (Paraguay).

En cuanto a la proximidad a zonas de amenazas, se observa que la Villa de Emergencia Los Patos se encuentra ubicada próxima al Río Suquía, mientras que el Barrio Brugada se encuentra ubicado próximo a la Bahía de Asunción.

En Cuba las ciudades seleccionadas fueron Santa Clara, La Habana y Santiago de Cuba.

4.2 Fuentes de información

Las fuentes de información en las que se basa este estudio son variadas, entre ellas :

- Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda del año 2001 de Argentina
- Dirección General de Estadísticas y Censo del Gobierno de la Provincia de Córdoba
- Observatorio Urbano de la Municipalidad de la Ciudad de Córdoba
- Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2002 de Paraguay
- Encuesta Permanente de Hogares de Paraguay
- Municipalidad de la Ciudad de Asunción
- Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos de Paraguay
- Dirección de Áreas Verdes de la Municipalidad de Asunción
- Compañía Paraguaya de Comunicaciones
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social de Paraguay
- Secretaria de Transporte del Área Metropolitana y Asunción
- Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2002 de Cuba
- Oficina Nacional de Estadística de Cuba
- Organismos de Salud, Ambiente del Gobierno de Cuba

Los datos sobre capital humano, físico y social (redes técnicas y servicios comunales) pueden obtenerse a partir de la información estadística publicada por las Direcciones de Estadísticas a partir de los Censos Nacionales y de la Encuesta Permanente de Hogares.

Con respecto a la información sobre capital social que incluye a los servicios sanitarios y sociales, de seguridad y urgencias, culturales y de otros géneros, se pueden extraer de las Direcciones de Estadísticas Nacionales, Observatorios Urbanos y del análisis de información provista por un sistema SIG (Sistema de Información Geográfica). Toda esta información es procesada utilizando el software RVS v2.1.

4.3. Poblaciones analizadas

A continuación se realiza una breve descripción de las cinco ciudades que intervinieron en nuestros experimentos. Recordamos que debido a que no es posible identificar clases

sociales claramente diferencias en Cuba, es que se procedió a analizar ciudades representativas de diferentes realidades sociales.

- **Nuestra Señora Santa María de la Asunción** es la capital de la Republica de Paraguay. Está ubicada junto a la Bahía de Asunción, en la orilla izquierda del Rio Paraguay, frente a la confluencia con el Pilcomayo. La distribución de la población económicamente activa según sectores económicos indica que esta población participa fundamentalmente en el terciario (comercio y servicios), ocupando a 8 de cada 10 individuos. El sector secundario (industria y construcción) concentra al 16% de los económicamente activos, mientras que la participación en el primario (agricultura y ganadería) es prácticamente nula, ya que Asunción es un área estrictamente urbana
- **Córdoba:** es la capital de la Provincia de Córdoba y es la segunda ciudad más poblada del país. Se constituye como un importante centro cultural, económico, financiero. Está situada en la región central del país, a ambas orillas del Rio Suquia.
- **La Habana** es la capital de Cuba y está localizada al noroeste. En su perfil económico están representados todas las actividades económicas con predominio de la industria y los servicios.
- **Santa Clara**, ciudad situada en el centro de Cuba, capital de la provincia de Villa Clara. Su perfil económico se sustenta en una economía industrial basada en curtidoras y fábricas de cigarros puros. Sus principales producciones son elementos metálicos de la construcción, maquinaria para la industria pesada, automotrices, textiles, alimentos, tabaco. Es un importante centro comercial para minerales.
- **Santiago de Cuba**, ciudad del sureste de Cuba, capital de la provincia del mismo nombre. Su perfil económico está dado por una economía industrial agraria. El aparato industrial está compuesto de fundiciones y destilerías principalmente, aunque también existen plantas tabaqueras, y fábricas de materiales de construcción.

En las figuras N° 3, 4 y 5 se presentan las ciudades y los barrios seleccionados para examinar la DRVS.

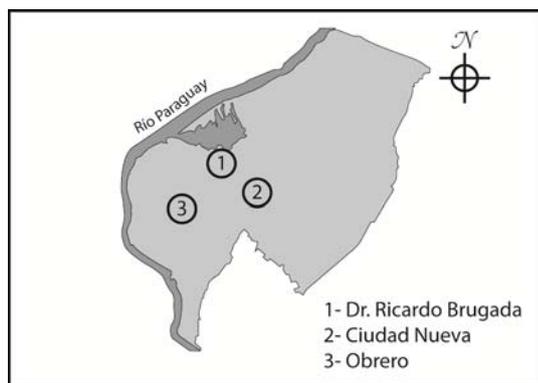


Figura 3.Nuestra Señora Santa María Asunción. Barrios: Dr. Ricardo Brugada, Ciudad Nueva y Obrero.

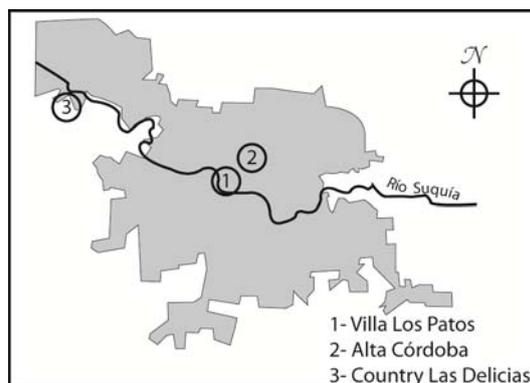


Figura 4. Córdoba. Barrios: Villa de Emergencia Los Patos, Alta Córdoba y Country Las Delicias.

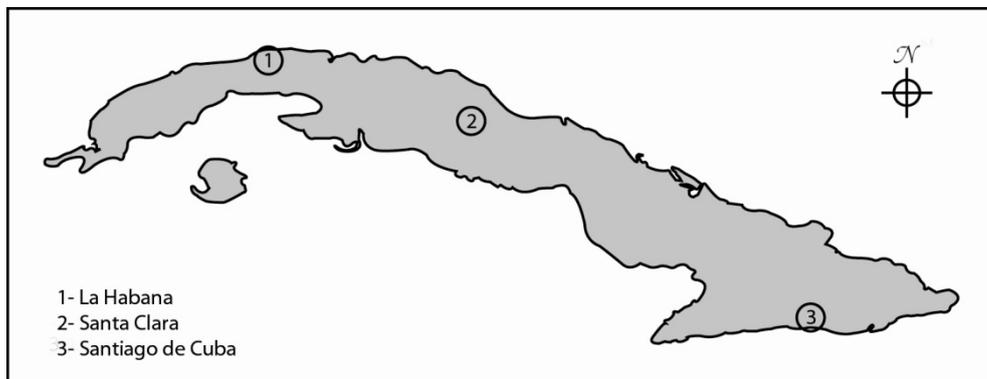


Figura 5. Cuba. Ciudades: La Habana, Santa Clara y Santiago de Cuba.

5. Experimentos y Resultados

5.1. Objetos de Estudio

La cantidad de hogares por viviendas particulares analizados por barrios y ciudades son para Paraguay: 2490 hogares en Barrio Brugada, 4559 hogares en Barrio Obrero, y 2367 hogares en Barrio Ciudad Nueva. En Argentina se analizaron 13 hogares correspondientes a la Villa de Emergencia Los Patos, 11747 hogares del Barrio Alta Córdoba, y 158 hogares del Country Las Delicias. Por último, en Cuba se analizaron 689769 hogares de la Ciudad La Habana, 161000 hogares de Ciudad de Santa Clara, y 161000 hogares de Ciudad Santiago de Cuba.

5.2. Resultados obtenidos

En esta subsección se muestran gráficamente los resultados obtenidos a través de la aplicación de la metodología DRVS y del software RVS v 2.1, con relación a subíndices de exposición, fragilidad social, resiliencia, amenaza, vulnerabilidad social e índice de riesgo.

El propósito es describir los determinantes del proceso salud-enfermedad a partir de las evidencias alcanzadas. El porqué de estos resultados corresponde a un análisis más minucioso y a un proceso que se está llevando a cabo por los expertos del dominio.

De la aplicación de la metodología DRVS y su software asociado se obtuvieron los siguientes resultados:

- Córdoba:** Los resultados se muestran en la figura 6. Aquí se puede observar que el subíndice de exposición más alto corresponde al Barrio Alta Córdoba (clase media) y el cual se corresponde un índice *bajo* de 23.8%. En cuanto a fragilidad social el valor más elevado resulta en la villa de emergencia Los Patos (clase baja) y ya que es *alto* de 59.9%. Con respecto a resiliencia, la mayor estimación se manifiesta en el Country Las Delicias (clase alta) y ya que es *muy alta* 79.6%. Del análisis de los factores que componen la vulnerabilidad social el subíndice mayor se advierte en el Country Las Delicias y la Villa de Emergencia Los Patos y es *moderado* 34.1%. Con relación al subíndice de amenaza el valor más alto se registra en el barrio de clase baja con un 78.1%.

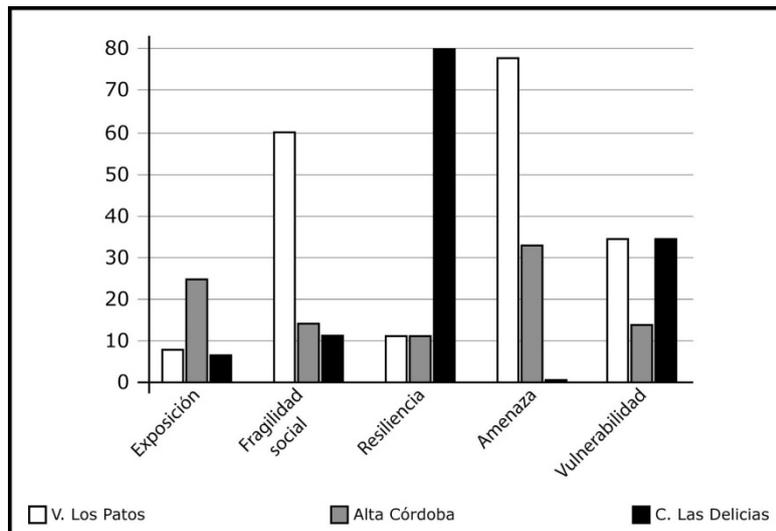


Figura 6. Sub-índices de exposición, fragilidad social, resiliencia, amenaza y vulnerabilidad aplicada a: Villa de Emergencia Los Patos, B° Alta Córdoba y Country Las Delicias. Ciudad de Córdoba. Año 2001.

Por último en la figura 7 se pueden observar que los índices de riesgo final son: en la clase baja, *moderado* con un 50.1%, en la clase media son *bajo* con un 15.5%, y en la clase alta son *muy bajo* con un 7.9%.

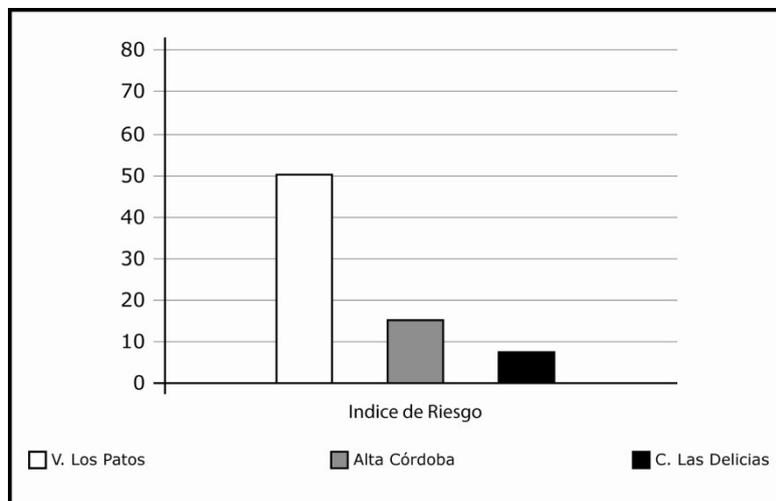


Figura 7. Índices de Riesgo final aplicado en Villa de Emergencia Los Patos, Barrio Alta Córdoba y Country Las Delicias. Ciudad de Córdoba. Año 2001.

- **Asunción**, en la figura 8 se puede observar que los mayores subíndices de exposición, fragilidad social y falta de resiliencia se ubican en el Barrio Brugada (clase baja) y es *bajo* con un 21.1%, y *moderado* con un 35.1% y *muy alto* con un 76.1% respectivamente para Ciudad Nueva y el Barrio Obrero. Asimismo, a partir de los distintos subíndices obtenidos de los factores que conforman la vulnerabilidad social, se observa que el valor más alto se registra en el Barrio Brugada y ya que es *alto* con

un valor de 57.3%, disminuyendo a *moderado* en los barrios de clase media con un valor de 33.8% y *alta* con un valor de 32.9%.

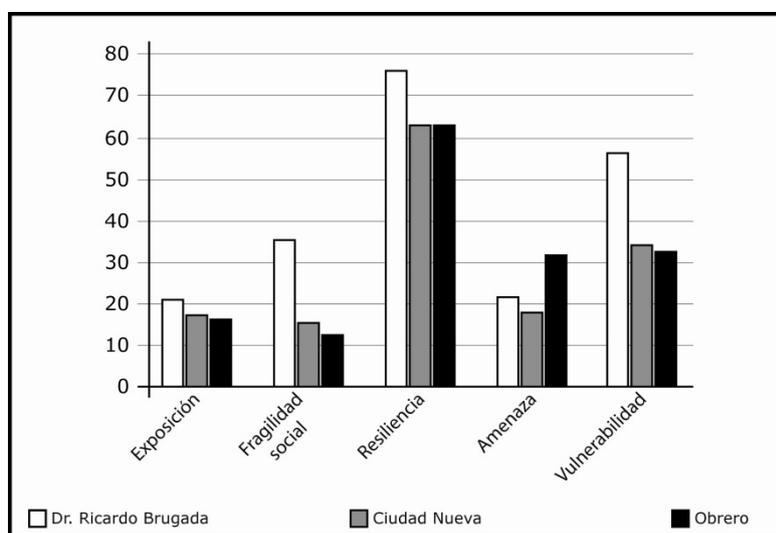


Figura 8. Sub-índices de exposición, fragilidad social, resiliencia, amenaza y vulnerabilidad. Barrio Brugada, Ciudad Nueva y Obrero. Ciudad de Asunción. Año 2002.

Finalmente, en la Figura 9 se presentan los índices de riesgo final, con un valor *alto* de 45% en el Barrio Brugada, un 25.4% en Ciudad Nueva y un 31% en Barrio Obrero.

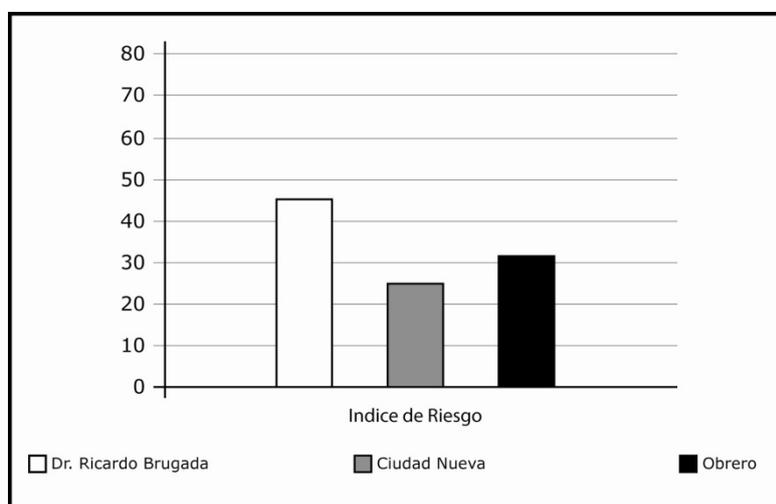


Figura 9. Índices de Riesgo. Barrio Brugada, Ciudad Nueva y Obrero. Ciudad de Asunción. Año 2002.

- **La Habana, Santa Clara y Santiago de Cuba**, en la figura 10 se observan que los sub-índices de exposición y fragilidad social se tornan más elevados en La Habana y son *alto* con un 73.5%, y *moderado* con un 35.1%. En cuanto a resiliencia el valor más alto se comprueba en Santiago de Cuba y es *muy alto* con un 77.2%. También de la interacción de los distintos sub-índices se desprende que la vulnerabilidad es *alta* en La Habana con un 72.9%, Santa Clara con un 56.4% y Santiago de Cuba con un valor de

56.6%. Además el subíndice de amenaza es *moderado* en las tres ciudades con 35.2%, 35.2%, y 35.3%, respectivamente.

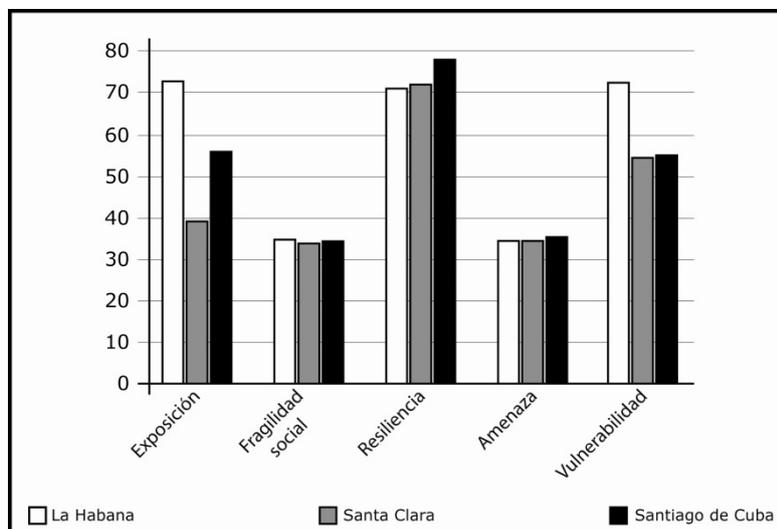


Figura 10. Sub índices de exposición, fragilidad social, resiliencia, amenaza y vulnerabilidad. Ciudades de La Habana, Santa Clara y Santiago de Cuba. Cuba. Año 2002.

Para finalizar, en la Figura 11 se muestra que el índice de riesgo en las tres ciudades es alto, correspondiéndose con un 55.3%, 57.9% y un 58%, para La Habana, Santa Clara y Santiago de Cuba, respectivamente.

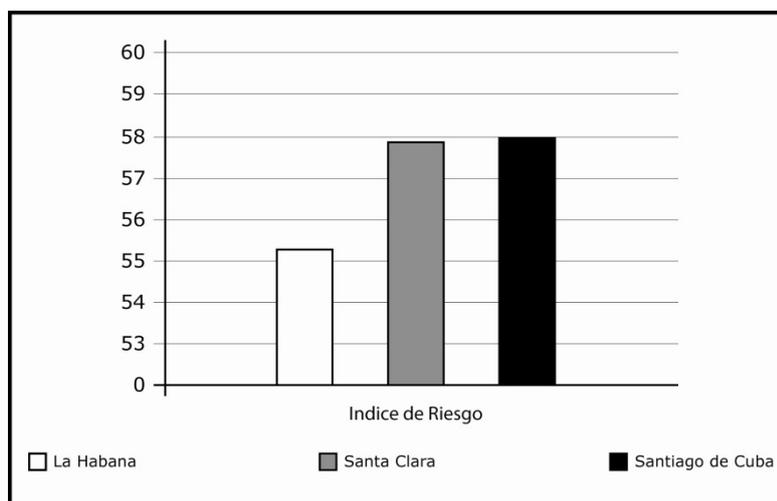


Figura 11. Índices de Riesgo final. Ciudades de La Habana, Santa Clara y Santiago de Cuba. Cuba. Año 2002.

6. Discusión de los resultados

Los resultados indican que la DRVS y el software asociado RVS v. 2.1 posibilitan el análisis del riesgo desde la interrelación de amenaza por vulnerabilidad social, considerando que el riesgo no solo está relacionado con el impacto de un suceso peligroso, sino también con la

capacidad para soportar el impacto. En definitiva, incorporamos en la gestión del riesgo los factores que involucran a la amenaza y la vulnerabilidad.

A pesar de que gráficamente podemos corroborar que el método propuesto se correlaciona con la noción intuitiva de vulnerabilidad, persiste aun la necesidad de realizar un análisis más riguroso acerca de las implicancias que este Índice de Riesgo representa para la salud. Actualmente, esta situación está siendo objeto de estudio por los expertos del dominio.

Adicionalmente se puede sugerir que el empleo de redes neuronales y variables difusas, presentan resultados prometedores como una nueva forma de aproximarse a los problemas complejos donde los modelos reduccionistas son inconvenientes y muy limitados, y al mismo tiempo brindar los medios para poder mejorar la calidad del proceso para la toma de decisiones.

7. Conclusiones y Trabajo Futuro

En variados campos de las Ciencias Sociales, un tablero de comandos que brinde información de variables críticas o algún sistema de decisión a medida, siempre pueden ser útiles, requiriendo un grupo de expertos que interprete esas informaciones y tome las acciones preventivas o correctivas que sean necesarias.

En este contexto, las redes neuronales artificiales pueden emplearse con el fin de aprender el criterio de los expertos mediante el aprendizaje a partir de ejemplos concretos.

Finalmente, las pruebas de campo realizadas servirán para someter a validación esta metodología, y efectuar los ajustes que sean necesarios al modelo teórico-computacional, y de esta manera aportar una herramienta más a este proceso de toma de decisiones en salud colectiva y familiar.

En la actualidad se continua constatando y aplicando esta metodología en las ciudades de Resistencia en Argentina, en Belem y Rio de Janeiro en Brasil y Bogotá en Colombia, en el marco de la línea de Vigilancia Ambiental de la Red Interamericana de Vivienda Saludable avalada por la Organización Panamericana de la Salud. Adicionalmente, se plantea estudiar el impacto del dispositivo DRVS a partir de su aplicación a nivel gubernamental en un municipio de la Provincia de Córdoba en Argentina.

Referencias

1. Rojas, MC. La vivienda precaria urbana marginal y su relación con la salud de la población en el proceso de sustentabilidad. Un enfoque teórico para la estimación del riesgo y la vulnerabilidad. I Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población -ALAP-, CD-ROM. Asociación Brasileira de Estudos de Población -ABEP-. [Ponencia] Caxambú -MG- Brasil; 2004
2. Rojas, MC. Población, vivienda salud y vulnerabilidad global. Propuesta teórico-metodológica para la estimación del riesgo de la vivienda urbana para la salud basada en el análisis de la vulnerabilidad sociodemográfica.[tesis doctoral] Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba; Córdoba, Argentina; 2006
3. Cardona A. Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Tesis Doctoral, Barcelona, España, 2001.
4. Rojas, M del C, Meichtry, N. C, Vázquez, J. Castillo, M. B, Ciuffolini. Repensando de manera holística el riesgo de la vivienda urbana precaria para la salud. Un análisis desde el enfoque de la vulnerabilidad sociodemográfica. Revista de Salud Colectiva. Universidad Nacional de Lanús, Argentina
5. Rojas, M del C, Meichtry, N. C, Vázquez, J. Castillo, M. B, Ciuffolini. Crítica de la noción de vivienda saludable desde el realismo dialéctico. Modelización matemática basada en redes neuronales y variables difusas para la estimación del riesgo de la vivienda urbana para la salud a partir del análisis de la

- vulnerabilidad sociodemográfica. XXVI Encuentro de Geohistoria Regional. Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Filosofía. 16, 17 y 18 de agosto de 2007, Asunción, Paraguay
6. Rojas, M del C, Meichtry, N. C, Vázquez, J. C, Marciszack M. Modelización Numérica de la Vivienda Precaria Urbano Marginal a partir de la Estimación Holística del Riesgo para la Salud de la Población considerando Variables de Vulnerabilidad Sociodemográficas, VIII Jornadas Argentinas de Estudio de Población (AEPA 2005), CD ISBN 950-658-158-4, 27 pp., Tandil, Bs. As., Argentina.
 7. Mora, I., Araujo, Índice de Nivel Socioeconómico. Analogías RIOP. Buenos Aires, Argentina. 2000.
 8. Lavell, A., Un decenio de desastres en América Latina. Lecciones, avances y aprendizajes. En: Anuario social y política América Latina y el Caribe. 2000.
 9. Rojas, M., Meichtry, N., Vazquez, J, Castillo, J., Ciuffolini M., “Repensando de manera holística el riesgo de la vivienda urbana precaria para la salud. Un análisis desde el enfoque de la vulnerabilidad sociodemográfica”. Revista de Salud Colectiva. Universidad Nacional de Lanús. 2008.
 10. Mendez, R. "Derechos Humanos: Memoria del VII Congreso Iberoamericano de Derecho Constitucional", Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 2002.
 11. Katzman, R. “Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social”. 5º Taller Regional. La medición de la pobreza: métodos y aplicaciones. Santiago de Chile. CEPAL. 2000.
 12. Filgueira, C. “Estructura de oportunidades y vulnerabilidad social: aproximaciones conceptuales recientes”. Seminario internacional sobre las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. CEPAL. 2001.
 13. Breilh, J. “The defeat of knowledge by information: human development and quality of life from an emancipatory perspective”. Ciencia saúde coletiva. Vol. 5, no. 1, pp. 99-114. 2000.
 14. Wilches Chaux, G. "Los desastres no son naturales", Maskrey (compilador) LA RED\ ITDG. Tercer mundo editores, Colombia. La vulnerabilidad global pp.9-50. 1993.
 15. Rojas, M., Vázquez, J., Castillo, J., Cardenas, M. “Modelado del Riesgo de la Vivienda Urbana para la Salud y el empleo de Redes Neuronales Artificiales para su Estimación”, JAIIO 2010, Workshop CAIS. Septiembre de 2010.