

**MODELIZACION 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**

*Maria del Carmen Rojas, Norma Cristina Meichtry, Juan Carlos Vazquez y Marcelo Marciszack*

Instituto de Investigaciones Geohistóricas –IIGHI-  
Avda. Castelli 930. Resistencia. CP: 3500  
Laboratorio de Investigación de Software. Grupo de Proyecto RNA-AC  
Facultad Regional Córdoba – Universidad Tecnológica Nacional  
Maestro Lopez esq. Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria. Córdoba. CP: 5016  
rojas\_herrera@arnet.com.ar; meichtry@bib.unne.edu.ar;  
jcvazquez@sistemas.frc.utn.edu.ar; marciszack@decanato.frc.utn.edu.ar

**RESUMEN**

Desde la perspectiva de la vivienda saludable se propone una concepción holística del riesgo, fundamentada en planteamientos teóricos de complejidad que consideren no solamente las variables de la vivienda: materialidad (materiales de techo, paredes, pisos, etc.); espacio habitable (hacinamiento); servicios básicos (agua potable, electricidad, saneamiento básico, recolección de residuos, etc.); equipamiento del hogar (heladera, etc) sino también las variables económicas, sociales, políticas, culturales o de otro tipo.

Vincular las variables de la vivienda con las del contexto social permitiría orientar de manera más efectiva la toma de decisiones para la gestión de la salud y de la calidad de vida y facilitaría la identificación de medidas factibles y eficientes de reducción del riesgo a partir de la capacidad de adaptación o ajuste a determinadas circunstancias de acuerdo con el nivel de desarrollo alcanzado por la comunidad.

En este documento se propone un modelo matemático para la estimación holística del riesgo a partir del análisis y evaluación de la vulnerabilidad sociodemográfica. Trabaja con información censal, estadísticas vitales y sociales e información obtenida por encuesta. Se procura establecer una tipología de viviendas urbano marginales en relación con la salud humana. 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 sociodemográficas que conforman la vulnerabilidad incorporando para el análisis las nociones de activos sociales y estructura de oportunidades (Katzman, 1999).

Para la confección del modelo se emplea la evaluación multicriterio para la toma de decisiones que está basada en matrices de análisis de impacto o redes de interrelación y que permite realizar evaluaciones integrales (multidisciplinares) en ambientes de múltiples variables. En cuanto a la estimación del riesgo se utilizan variables difusas y redes neuronales.

## 1. Enfoque holístico

Los científicos paulatinamente se han ido convenciendo que un reduccionismo ingenuo, que busque reducir todas las cosas a sus partes constituyentes más pequeñas, se encuentra fuera de lugar. Una aproximación más adecuada consiste en establecer, y demostrar, un postulado que explique exactamente en que sentido una solución exacta de un problema aproximado puede contemplarse como una solución aproximada a un problema exacto. (Stewart, 2001).

Desde estas afirmaciones se intenta describir los fundamentos para postular una conjetura o un modelo de vivienda precaria urbano marginal a partir de la estimación holística del riesgo y la vulnerabilidad sociodemográfica para la salud humana.

Por esto, se propone una abstracción simulativa para tratar las condiciones de riesgo en un sistema socio-técnico, como lo es un asentamiento humano -en zonas periféricas urbanas- en sus viviendas y peridomicilios. Se elige este tipo de modelización por su utilidad para comprender los procesos poblacionales y su cultura en relación con su hábitat y su salud permitiendo explicar el fenómeno tanto en término de contexto -lo social como un determinante jerarquizado interno al proceso salud-enfermedad- como de contenido -vivienda precaria urbano marginal y salud-. Así este tipo de abstracción de la realidad resultará coherente según sea el contexto -pertenencia a cierta clase social- correspondiente.

El enfoque holístico que se aplicará es una alternativa al reduccionismo, que se diferencia de la abstracción común (la oriental), que consiste en ver únicamente el aspecto global en detrimento de lo particular: un sistema se considera como una unidad y a menudo se ignora su contexto. Acá holismo significa integralidad (Smuts, 1926), proviene de **holos** que en griego significa todo, integro, entero, completo, en tanto que el sufijo **ismo** denota su práctica (Weil, 1990). El enfoque holístico al que se hace referencia significa proceso de integración, y desagregación conservando las sinergias o relaciones entre los componentes. Es la noción del pensamiento complejo, a la que se refiere el sociólogo francés Edgar Morin (2003), que separa y reúne, que distingue -sin desunir- y religa.

Los próximos párrafos se concentrarán en la identificación de los elementos que componen el enfoque holístico y que aparecen como críticos en términos de sus consecuencias posibles sobre la relación vivienda-salud.

### a) Elementos constitutivos del enfoque holístico

- ⇒ **La pobreza entendida no solo como un mero atributo de un hogar o persona dando paso a una mirada que retoma los aportes de las teorías de estratificación social.** En estas nuevas reflexiones se busca que las nociones de vulnerabilidad, marginalidad y exclusión social se combinen con la noción de pobreza bajo un marco conceptual que permita entender no solo tal situación sino también los fenómenos más generales de movilidad social. En este sentido, la

consideración de los recursos multidimensionales de los hogares y sus estrategias ayuda a entender la persistencia de la pobreza en una misma generación, su transmisión intergeneracional y su eventual endurecimiento en formas de pobreza marginal o excluida. Pero, si al complejo "set" de recursos con que cuentan los hogares se agregan las formas en las cuales el Estado, el mercado y la propia comunidad distribuyen oportunidades, se accede a una comprensión que combina la dimensión macrosocial y microsocioal.

⇒ **La consideración de que los modos de devenir de la vivienda saludable o insalubre se desarrollan mediante un conjunto de procesos** (Breilh, 2003)

Esos procesos adquieren proyección distinta frente a la vivienda saludable, de acuerdo a los condicionantes sociales de cada espacio y tiempo, es decir de acuerdo a las relaciones sociales en que se desarrollan –condiciones que pueden ser de construcción de equidad, mantenimiento y perfeccionamiento o que por el contrario pueden tornarse elementos de inequidad, privación y deterioro-. Entonces los procesos en que se desenvuelve la sociedad y los modos de vida grupales adquieren propiedades protectoras/benéficas (saludables) o propiedades destructivas/deteriorantes (insalubres). Se comprende que un proceso puede corresponder a diferentes dimensiones y dominios de la reproducción social, y además puede tornarse protector o destructivo según las condiciones históricas en que se desenvuelve la colectividad correspondiente. No se trata de que haya procesos protectores y destructivos separadamente, sino de que en su desarrollo concreto los procesos de la reproducción social adquieren facetas o formas protectoras o facetas y formas destructivas, según que su operación desencadene mecanismos de uno o de otro tipo en los genotipos y fenotipos humanos del grupo involucrado. La operación en uno u otro sentido puede tener, así mismo, carácter permanente y no modificarse hasta que el modo de vida no sufra una transformación de fondo, o puede tener carácter contingente o incluso intermitente, cuando haya momentos en que su proyección sea de una o de otra naturaleza.

⇒ **La determinación del riesgo de la vivienda para la salud como un proceso que tiene un modo de devenir definido.**

Es decir, que se relaciona al riesgo con el modo de devenir, forma (acto o proceso) en que la vivienda adquiere la propiedad de saludable o insalubre.

*“la determinación no tiene porque verse limitada a realizarse tan solo mediante variaciones cuantitativas, como lo sostiene el determinismo mecanicista; ni tiene por qué producirse tan solo por compulsión externa, como lo pretende el determinismo causal; ni tampoco tiene porqué ser unívoca o bien definida, como lo afirman tanto el determinismo causal como el mecanicista. Todo lo que hace falta para sostener la determinación en sentido general es admitir la siguiente hipótesis: que los acontecimientos ocurren en una o más formas definidas (determinadas) que tales formas de devenir no son arbitrarias sino legales y que los procesos a través de los cuales todo objeto adquiere sus características se desarrollan a partir de condiciones preexistentes”* (Bunge, 1972, 25).

Esta consideración de la determinación del riesgo contribuye a tratar la realidad de la vivienda saludable o insalubre como compleja, como poseedora de momentos de incertidumbre, caracterizada por una pluridimensionalidad, definida en su devenir por muchos momentos de desarrollo de sistemas dinámicos irregulares y caóticos. En consecuencia, esta manera de determinación del riesgo incorpora todas estas posibilidades pero sin que ninguna de ellas se asuma como principio absoluto.

⇒ **La estimación del riesgo como eje estructurante para el desarrollo de prácticas preventivas** (Rojas, Ciuffolini, Meichtry, 2005)

Esta propuesta que procura un marco de referencia contextual del proceso salud-enfermedad, centrado en la vivienda, exige necesariamente repensar el marco teórico metodológico desde el que

se aborda al riesgo. En el discurso médico el riesgo se comprende como la probabilidad de ocurrencia de un evento o fenómeno ligado a la salud, expresado mediante un indicador estadístico. Conforme a esta definición, se desarrolló un modelo de abordaje de riesgo que identifica la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno con la probabilidad estadística de ocurrencia, que presupone su recurrencia en el tiempo y que entraña un supuesto de homogeneidad en la naturaleza de la morbilidad. Es necesario entonces avanzar desde este enfoque reduccionista y fragmentado hacia una nueva propuesta de abordaje de riesgo centrada en una vertiente de análisis más interpretativa, que posibilite la comprensión del sentido, el significado, es decir la contextualización de las funciones de riesgo. (Almeida Filho, 2000).

Acorde a esto, el fenómeno del riesgo es definido según:

- su composición: el evento, las consecuencias y el contexto en el cual entran los actores relacionados y la capacidad de la gestión. En este marco el contexto determina los límites, las razones, el propósito y las interacciones por considerar.
- su desagregación en la interrelación o intersección de dos tipos de factores cuyas características y especificidades son sumamente heterogéneas:
  - la amenaza explicada como un factor de riesgo externo de un sistema o de un sujeto expuesto, y,
  - la vulnerabilidad definida como un factor de riesgo interno que hace que el sujeto o sistema expuesto sea afectado por el fenómeno que caracteriza la amenaza (Cardona, 2001)
- el análisis de la vulnerabilidad social desde múltiples facetas y de diversas perspectivas del conocimiento según los factores que la originan: exposición, fragilidad social y nivel de resiliencia de la población (capacidad para resistir y recuperarse). Este tipo de estudio supone encontrar las causas de fondo o subyacentes de la vulnerabilidad. Estas causas que dan origen a la vulnerabilidad son procesos económicos, políticos y demográficos que afectan la partición de los recursos entre los diferentes grupos de personas y reflejan la distribución del poder (Rojas, 2004).

⇒ **Las condiciones de insalubridad en las viviendas producen enfermedades transmisibles, no transmisibles y psicosociales.**

Son muchos los factores del ambiente doméstico que influyen negativamente en la salud: falta de acceso al agua potable, saneamiento básico insuficiente en el hogar y la comunidad, hacinamiento, etc. No obstante, dada la amplia gama de elementos propios de la vivienda que afectan a la salud, no es posible dar una definición simple de lo que constituye una vivienda de calidad insalubre. También es difícil demostrar de manera concluyente las relaciones entre los distintos aspectos de la vivienda y la salud, ya que también ejercen influencia otras variables asociadas, como la predisposición o susceptibilidad física, económica política o social que tiene una comunidad de ser afectada.

⇒ **La vivienda saludable es una estrategia para la promoción de la salud** y se añade que ésta dependería de dos cuestiones:

- del nivel de conocimiento que tengan la o las personas, y,
- del grado de control sobre las decisiones y acciones que afectan a su salud.

Se trata, entonces, de un proceso, sociológico, psicológico y funcional, para hacer frente a lo que implicaría la vivienda como insalubre - amenaza-, es decir, la preparación para la acción - la toma de decisión- que es lo que facilita una respuesta adecuada al peligro que esto significa, transformando las condiciones de insalubridad de la vivienda en salubres. Por lo tanto, para la

concreción de la vivienda saludable es primordial el rol que desempeña la subjetividad de las personas influenciada por la sociedad a la cual aquella también afecta<sup>1</sup>.

La complejidad de la situación planteada nos remite a una reflexión en torno a cuatro conceptos que se supone modelan la noción de vivienda saludable: Calidad de Vida, Salud, Vivienda y Riesgo.

La calidad de vida, la salud, la vivienda y el riesgo son hechos culturales por esto se debe advertir la responsabilidad que tienen los hombres en su producción. Se podría decir que todas estas nociones tienen un significado subjetivo que está determinado por la percepción objetiva que se tiene de cada una, que no siempre va ser la misma para todas las personas, los grupos y las sociedades aunque sean aparentemente homogéneas; por el marco axiológico de valores y procedimientos de los individuos involucrados y por la disponibilidad de recursos.

Desde estas argumentaciones se podría considerar a la vivienda saludable como la representación de la evolución de los procesos sociales, culturales, psicológicos o políticos mediante los cuales los individuos son capaces de expresar sus necesidades, plantear sus preocupaciones, diseñar estrategias de participación en la toma de decisiones y llevar a cabo acciones políticas, sociales y culturales que le permitan satisfacer los requerimientos habitacionales en pos de su salud.

⇒ **Los habitantes de la vivienda pueden denotar capacidad de adaptación para absorber los riesgos sin que afecten su salud (resiliencia) o incapacidad para adaptarse a ese cambio quedando expuestos a situaciones de vulnerabilidad y riesgo.**

El nivel de resiliencia está ligado con las habilidades, estilos y condiciones de vida de los habitantes de las viviendas y de la habilidad de adaptación depende el grado de empoderamiento de la vivienda como salubre.

Las **habilidades para la vida** de las personas (OMS, 1998) están relacionadas con las capacidades para adoptar un comportamiento adaptativo y positivo que les permitan abordar con eficacia las exigencias y desafíos para la vida cotidiana.

Estas habilidades pueden ser personales, interpersonales, cognitivas y físicas y le permiten a las personas controlar y dirigir sus vidas, desarrollando la capacidad para vivir en convivencia armónica con su entorno y lograr que éste cambie mediante la toma de decisiones y la solución de problemas; el pensamiento creativo y crítico; el conocimiento de sí mismo y la empatía; las habilidades de comunicación y de relación interpersonal y la capacidad para hacer frente a las emociones y manejar el estrés.

Estos modelos de comportamiento son los que constituyen los **estilos de vida** (OMS, 1998) los cuales están continuamente sometidos a interpretación y a prueba en distintas situaciones sociales no siendo, por lo tanto, fijos, sino que están sujetos a cambios y estas modificaciones devienen de las condiciones de vida (OMS, 1998).

Las **condiciones de vida** son el entorno cotidiano de las personas, dónde éstas viven, actúan y trabajan. Estas condiciones de vida dependen de las circunstancias sociales y económicas (culturales en general) y del entorno físico, todo lo cual puede ejercer impacto en la salud, estando en gran medida fuera del control inmediato del individuo.

---

<sup>1</sup> La subjetividad no es una entidad pasiva, determinada por influencias externas. En la constitución de la subjetividad, independientemente de sus contextos de acción, los individuos aportan y promueven influencias sociales que son globales en sus consecuencias e implicaciones.

En consecuencia, las personas obtendrán un mayor control sobre las decisiones y acciones que afectan a su salud, según sus habilidades para la vida y las acciones para influir en las condiciones sociales y económicas subyacentes y en los entornos físicos que influyen sobre la salud.

En relación con la vulnerabilidad, para que exista, es necesario que se den voluntaria o involuntariamente situaciones de amenaza y estas dependen de los procesos de desarrollo social.

⇒ **La reducción del riesgo a partir de la disminución de la vulnerabilidad tiene como objetivo la articulación de dos tipos de intervenciones: prevención basada en la resiliencia y acción sobre la vivienda insalubre; dándole un papel principal a la primera para concretar la segunda.**

El desarrollo de estrategias de intervención basadas en la capacidad de adaptación de la población conduce, en el largo plazo, a disminuir de manera significativa los fenómenos ya ocurridos.

## **2. Los recursos de los hogares para enfrentar los riesgos de la vivienda precaria urbana marginal para la salud**

### **a) Precisiones conceptuales**

Las nociones activos, pasivos (constituyen, respectivamente, los procesos protectores y destructivos) y vulnerabilidad proponen herramientas para examinar las estructuras profundas que subyacen a la naturaleza compleja, subjetiva y contextual de la relación salud-enfermedad-vivienda y procesos sociales.

Todas estas nociones comparten la premisa que tanto el progreso teórico como la eficacia de las acciones para enfrentar los riesgos de la vivienda para la salud requieren abrir la "caja negra" que encierra los recursos de los hogares y las estrategias que éstos utilizan.

El marco conceptual que guía este trabajo incorpora esa premisa, pero contempla algunas adicionales. Dos son las más importantes. La primera sostiene que los recursos que controlan los hogares no se pueden valorar con independencia de la estructura de oportunidades a la que tienen acceso. Se afirma que los recursos se convierten en activos en la medida que permiten el aprovechamiento de las oportunidades que ofrece el medio a través del mercado, el Estado o la sociedad. La segunda postula que las estructuras de oportunidades no son una constante sino una variable. Esto quiere decir que las villas de emergencias, los barrios, las ciudades, etc. no son iguales en materia de oportunidades como tampoco lo son los diferentes momentos históricos de la trayectoria de cada uno.

De estas premisas se desprenden al menos las dos siguientes:

- El nivel de vulnerabilidad de un hogar -que se refiere a su capacidad para controlar las fuerzas que lo afecta- depende de la posesión o control de activos, esto es, de los recursos requeridos para el aprovechamiento de las oportunidades que brinda el medio en que se desenvuelve.
- Los cambios en la vulnerabilidad de los hogares pueden producirse por cambios en los recursos que posee o controla, por cambios en los requerimientos de acceso a la estructura de oportunidades de su medio o por cambios en ambas dimensiones. Un caso particular, pero muy frecuente, es un cambio asincrónico donde los requerimientos de acceso a las nuevas estructuras de oportunidades se modifican a mayor velocidad que la que utilizan los hogares para generar los recursos para su aprovechamiento. (Filgueiras, 2001 )

En consecuencia, a los efectos de evaluar la situación de los hogares se plantea prestar atención, simultáneamente, a su portafolio de recursos y a la estructura de oportunidades a la que ellos están expuestos, esto es, vincular el análisis micro de los hogares con el análisis macro que permite hacer el seguimiento de las transformaciones en la estructura de oportunidades. Además de la posibilidad de vincular los estudios micro y macro, el enfoque tiene la ventaja adicional de su aplicación a cualquier segmento social.

#### **a.1) Recursos: activos, pasivos y estructura de oportunidades**

Se considera recursos a todos los bienes que controla un hogar, tangibles o intangibles. Estos recursos pueden constituirse en activos o pasivos.

En esta investigación se consideran simultáneamente activos y pasivos con el fin de evitar un sesgo positivo que debilite la sensibilidad para percibir los factores que representan pasivos para los hogares y, consecuentemente, lleve a sugerir orientaciones de política menos eficaces que aquellas que si consideran dichos factores.

La idea de **activo** se ocupa del subconjunto de esos recursos que permiten elevar o mantener el nivel de bienestar ante situaciones que amenazan la salud. La concepción de activos se corresponde al uso que le da, por ejemplo, Caroline Moser en su "asset vulnerability approach" Moser estudia los pobres y examina especialmente la naturaleza de los recursos que estos movilizan para reducir su vulnerabilidad a situaciones de riesgo. Por consiguiente su atención se centra en estrategias de adaptación a circunstancias cambiantes, aun cuando dicha adaptación no implique mejoras en la situación de bienestar, ni modifique la capacidad para utilizar las vías existentes de movilidad e integración social.

En cuanto a la noción de pasivo se refiere a la presencia de barreras, materiales y no materiales, para la utilización de ciertos recursos del hogar que impiden el aprovechamiento de oportunidades o la acumulación de activos.

Por otra parte, se adopta como estructura de oportunidades a las probabilidades de acceso a bienes, a servicios o al desempeño de actividades. Estas oportunidades inciden 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.

Así las cosas, de las diferentes combinaciones entre estructura de oportunidades y capacidades de los hogares se derivan los distintos grados de vulnerabilidad.

#### **a.2) Capacidades y estrategias**

Se define por capacidades a un tipo particular de recursos que se distingue del resto porque en determinadas circunstancias operan como condiciones necesarias para la movilización eficaz y eficiente de otros recursos. Las capacidades se identifican por el lugar que ocupa cada recurso en la cadena de relaciones causales que se activan para el logro de la salud en un momento y lugar determinado.

Los recursos que cumplen esa función se concentran en:

- Capital Humano, esto es conocimientos, destrezas y actitudes, así como orientaciones valorativas vinculadas al proceso salud-enfermedad, a la asociación entre esfuerzo y logro y a la disposición a diferir gratificaciones inmediatas en beneficio de inversiones que mejoran las probabilidades de un mayor y más estable bienestar futuro.
- Capital Social, es un activo altamente intangible que reside en los vínculos entre personas y no en las personas. Se define como una serie de interacciones materializadas en redes que forman parte de la estructura social, que tienen su propia trayectoria e historia, y que, más allá de sus funciones configuran estructuras de oportunidades proveyendo de recursos a los hogares cuya ausencia haría más dificultoso su desempeño en relación con el proceso salud-enfermedad.
- Capital Físico, se relaciona con la vivienda desde la consideración de un bien que permite satisfacer las necesidades habitacionales de los hogares en relación con su salud como una aproximación parcial al rol que ella juega en el proceso salud-enfermedad.

Se destaca que tanto el término capital como activo son usados con el mismo significado, por lo que ambos se mencionarán de manera indiferenciada.

No obstante, la falta de ciertos activos no constituye, desde este enfoque, una incapacidad para enfrentar situaciones de amenaza debido a que las capacidades representadas por el total de activos y pasivos del capital humano, social y físico componen la base de la recuperación o superación de problemas.

La habilidad para aumentar o reducir la vulnerabilidad depende no solo de los recursos iniciales sino también de la capacidad de gestionarlos, de transformarlos en elementos con que satisfacer las necesidades de la vivienda saludable.

Las formas particulares de articulación de recursos para alcanzar la vivienda saludable constituyen las estrategias y se traducen en comportamientos observables de los individuos y los hogares, en prácticas que se verifican en procesos que se consideran benefactores o deteriorantes para la salud. Las estrategias de promoción -mejorar la situación de bienestar presente- o de adaptación -mantener una situación evitando su deterioro cuando ella es amenazada- favorecen los procesos protectores o benéficos.

**b) Movilizando recursos para determinar la vulnerabilidad y la amenaza de la vivienda para la salud humana.**

La modelización matemática de la vivienda precaria urbana marginal es en gran medida un recurso para sistematizar, de acuerdo con las múltiples dimensiones de la reproducción social los procesos protectores y destructivos que participan en el modo de devenir la salud.

Según el marco de referencia desarrollado, en el apartado referido a enfoque holístico, el riesgo de la vivienda para la salud humana se plantea considerando a la vivienda como amenaza y a la población como vulnerable. Con este fin se plantea verificar las estrategias de la población frente a la vivienda insalubre a partir de un marco de análisis sobre la vulnerabilidad considerando los activos y los pasivos. De este modo se busca poner el foco en lo que la población posee, o no, para ser frente a la amenaza en lugar de centrarse, específicamente, en lo que no tienen.



Este tipo de estudio posibilitara distinguir la amenaza de la vulnerabilidad para la determinación del riesgo permitiendo una aproximación más dinámica, contemplando la entrada y la salida de la situación de amenaza. Asimismo permitirá reconocer dos dimensiones de la vulnerabilidad: la sensibilidad, o el grado en que el sistema responde a eventos externos, y la resiliencia o la facilidad y velocidad con que el sistema se recupera luego de una situación de desequilibrio o agresión.

La primera dimensión será analizada desde activos y pasivos tangibles vinculados con el capital humano mientras que la segunda dimensión se examinará a partir de otros menos tangibles relacionados con el capital social.

Se destaca, que los recursos se presentan como pasivos (desventajas) desde la consideración que su inexistencia (ventajas) los convierte en activos.

Los principales recursos con que deberían contar los hogares urbanos para alcanzar la vivienda saludable se detallan a continuación:

#### **b.1) Recursos vinculados al capital humano**

La vulnerabilidad del capital humano se analiza a partir de los dos factores que la originan: población expuesta y fragilidad social (Blakie et al., 1996)

**Exposición:** los procesos no solo se exponen como contingencia sino que se imponen. Es decir, si bien existen procesos destructivos que uno se arriesga a sufrir como problema contingente, existen modos de devenir (formas de determinación) que no se exponen como eventualidad sino que se imponen como permanencia. De ahí resulta la necesidad de distinguir la **exposición como un proceso eventual, la exposición como un proceso crónico o diario y la imposición como un proceso permanente continuo o inherente al modo de devenir.** (Breilh, 2003)

En este estudio se adopta la **imposición** por su relación con los modos de vida, su modo invariable de operación y porque para ser modificados requieren de una transformación de los modos de vida, pues los ajustes o reformas superficiales no terminan su impacto. Se considera como imposición la condición socioeconómica y la total de dependencia de la estructura de oportunidades (Estado, mercado, comunidad) que tienen los niños de 0 a 6 años y las personas de 60 años y más. Con relación a los niños también dependen de la eficiencia en la transmisión de activos de la familia.

Se consideran los siguientes hogares expuestos o con imposiciones

- Hogares con NBI: Definido como el número de hogares que presentan el indicador de privación referido a la capacidad de subsistencia: hogares que tienen cuatro o más personas por miembro ocupado, cuyo jefe no haya completado el tercer grado de escolaridad primaria.
- Hogares con tres hijos y más entre 0 a 5 años: Definido como el número de hogares con tres hijos y más entre 0 a 5 años con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad.

- Hogares con jefatura femenina: Definido como número de hogares monoparentales con jefatura femenina con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad.
- Personas de 60 años y más: definido como el número de hogares con 1 o más personas de 60 años y más con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad.

**Fragilidad Social:** predisposición que surge como resultado del nivel de marginalidad y segregación social del asentamiento humano y sus condiciones de desventajas y debilidad relativa por factores socioeconómicos.

Se consideran desventajas las siguientes cuestiones:

- Cobertura de salud: Definido como el número de hogares que no poseen obra social ni plan de salud privado o mutual con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad. (se excluyen los servicios médicos de emergencia)
- Hijos de 7 a 15 años con rezago o abandono del sistema educativo: Definido como el número de hogares con dos o más hijos de 7 a 15 años con rezago o abandono del sistema educativo con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad.
- Hijos de 15 a 24 años que no estudian ni trabajan: Definido como el número de hogares con dos o más hijos de 15 a 24 años que no estudian ni trabajan con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad.
- Hijas de 15 a 19 años madres solteras: Definido con el número de hogares con una o más hijas de 15 a 19 años madre soltera con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad.
- Madre analfabeta: Definido como el número de hogares con una o más madres analfabetas con residencia en una villa de emergencia, barrio o departamento.

#### **b.2) Recursos vinculados al capital social**

La vulnerabilidad del capital social se analiza a partir de las instituciones del Estado que contribuyen al desarrollo de procesos benefactores para la salud, por ser importantes en la conformación de las oportunidades que, a través de su impacto en la producción, distribución y uso de activos, facilitan el acceso a los canales de movilidad e integración social. Las funciones del Estado en este aspecto se pueden clasificar en dos grandes grupos: las que facilitan un uso más eficiente de los recursos que ya dispone el hogar (redes técnicas y servicios comunales) y las que proveen nuevos activos o regeneran aquellos agotados (servicios sanitarios, sociales, de seguridad y urgencia y culturales y de otro género). (Kaztman, 2000)

En este estudio se plantea determinar el nivel de resiliencia de la población –que constituye otro de los factores que originan la vulnerabilidad según Blakie et.al, 1996- a partir de la existencia de estas instituciones por considerar que, por un lado favorecen las limitaciones de acceso y movilización de recursos del asentamiento humano elevando su capacidad de respuesta y disminuyendo las deficiencias para absorber la amenaza de la vivienda para la salud humana y, por el otro la localización geográfica de estas instituciones se debe a la influencia que ejercen las redes familiares, vecinales y comunitarias. El examen se realiza a partir de que estas instituciones existan y estén localizadas a distancias adecuadas para trasladarse a pie desde el hogar o en transporte en caso de problemas de seguridad y urgencia.

Se consideran los siguientes servicios e instituciones:

- Redes técnicas y Servicios Comunales: Definido como el número de hogares con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad que no poseen las redes técnicas y servicios comunales que a continuación se detallan:
  - provisión de agua;
  - provisión de redes cloacales o camión atmosférico estatal;
  - provisión de energía eléctrica
  - recolección de residuos –al menos dos veces por semanas-
  - transporte público a menos de 300m;
  - teléfono público a menos de 300m;
  - calle mejorada o pavimentada a menos de 300 m.
  
- Servicios sanitarios y sociales: Definido como el número de hogares con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad que no poseen -a una distancia a pie- los servicios sanitarios y sociales que a continuación se detallan:
  - Centro de Atención Primaria de Salud a una distancia al hogar menor o igual a 12 cuadras;
  - Jardín de Infantes o Nivel Inicial a una distancia al hogar menor o igual a 5 cuadras;
  - Escuela de Nivel Primario o Educación General Básica a una distancia al hogar menor o igual a 12 cuadras;
  - Escuela de Nivel Secundario o Educación Polimodal a una distancia al hogar menor o igual menor o igual a 20 cuadras.
  
- Servicios de Seguridad y Urgencia: Definido como el número de hogares con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad que no poseen -a una distancia a pie o en vehículo- los servicios de seguridad y urgencia que a continuación se detallan:
  - Comisaría a una distancia al hogar menor o igual a 12 cuadras;
  - Estación de Bomberos a una distancia al hogar menor o igual a 50 cuadras ;
  - Servicio de Atención de Urgencia Estatal a una distancia al hogar menor o igual a 50 cuadras.
  
- Servicios culturales y de otro género: Definido como el número de hogares con residencia en una villa de emergencia, barrio o ciudad que no poseen -a una distancia a pie- los servicios culturales o de otro género que a continuación se detallan:
  - terrenos para juego o recreo comunitario a una distancia al hogar menor o igual a 12 cuadras

### **b.3) Recursos vinculados al capital físico**

La amenaza del capital físico –vivienda- se analiza según su localización, situación dominial, materialidad, abastecimiento de agua, saneamiento básico, combustión para cocinar que favorezcan las condiciones de insalubridad en la vivienda. (OMS-OPS, 2000)

También se consideran los electrodomésticos de acuerdo a dos funciones: una relacionada con la conservación de los alimentos y la otra vinculada con la comunicación, es decir, que los hogares puedan comunicarse con la institución especializada cuando han sido afectados por la vivienda insalubre o que puedan recibir información acerca de las amenazas para la salud de la vivienda insalubre.

Se consideran los siguientes componentes de la vivienda:

- Microlocalización: Definido como el número de hogares con residencia en villas de emergencias, barrio o departamento cuyas viviendas están localizadas en las zonas de amenazas naturales, siconaturales y tecnológicas.
- Espacio habitable: Definido como el número de hogares con residencia en villas de emergencias, barrio o departamento cuyas viviendas no poseen:
  - una o dos personas por cuarto;
  - un lugar para cocinar por hogar;
  - una letrina o baño con inodoro por hogar.
- Situación Dominial: Definido como el número de hogares con residencia en villas de emergencias, barrio o departamento que no son propietarios del terreno y de la vivienda.
- Materialidad: Definido como el número de hogares con residencia en villas de emergencias, barrio o departamento cuyas viviendas no poseen:
  - pisos de cerámica, baldosa o mosaico;
  - paredes exteriores de hormigón, ladrillo o bloque con revoque o revestimiento externo;
  - techo de chapa de metal o de fibrocemento con cielorraso o baldosa o losa con o sin cubierta de pizarra o teja o con o sin cielorraso.
- Provisión de agua: Definido como el número de hogares con residencia en villas de emergencias, barrio o departamento cuyas viviendas no poseen provisión de agua dentro del domicilio.
- Saneamiento: Definido como el número de hogares con residencia en villas de emergencias, barrio o departamento cuyas viviendas no poseen cámara séptica y pozo ciego o pozo ciego.
- Combustión para cocinar: Definido como el número de hogares con residencia en villas de emergencias, barrio o departamento cuyas viviendas no poseen gas en tubo o en garrafa para cocinar.
- Electrodoméstico: Definido como el número de hogares con residencia en villas de emergencias, barrio o departamento cuyas viviendas no poseen heladera con o sin freezer, teléfono o televisión.

**e) Hacia la determinación de los factores de participación de cada uno de los recursos que componen el Capital Humano, Social y Físico.**

Los recursos que componen el Capital Humano, Social y Físico según su importancia en cuanto activo o pasivo en la definición de la vivienda saludable o insalubre pueden provocar alteraciones de mayor o menor significación en su desarrollo.

Ahora bien, cuales de esos recursos se expresan con más fuerza o se hacen más ostensibles para la concreción de la salubridad o insalubridad de la vivienda depende de los modos de vida y de la lógica que opera en la formación social correspondiente. Siempre existe ese movimiento de protección/destrucción en un grupo determinado, es decir siempre están en marcha los momentos de protección o destrucción de la reproducción social, pero el hecho de que estos se expresan en una u otra dirección en un grupo determinado, y en un momento determinado depende del carácter o lógica bajo la que opera la reproducción social.

En este sentido, esta investigación apunta a establecer la participación de cada recurso según su mayor importancia estratégica para la acción, sea en el sentido de evitar o contrarrestar los procesos o facetas destructivas (prevención) o sea en el sentido de fomentar los procesos o facetas protectoras (promoción de la salud).

La operacionalización propuesta es la siguiente:

**c.1) Para el análisis de la vulnerabilidad y la amenaza**

Se otorga mayor valor a la vulnerabilidad social que a la amenaza de la vivienda debido a que se considera que la actividad de la sociedad humana modela los recursos que componen a la vivienda y esta a su vez revierte su efecto sobre las condiciones del ser humano. Así, la vivienda no constituye un reservorio estático de contaminantes, de parásitos, de vectores de transmisión de enfermedades infecciosas, etc., sino 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.

**c.2) Para el análisis de la vulnerabilidad**

Se considera 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.

Dentro de los recursos que componen el capital social se califica en primer lugar a las redes técnicas y servicios comunales y en segundo lugar servicios sanitarios, sociales, de seguridad, urgencia y culturales asignándole la misma importancia a cada uno.

En cuanto al capital humano se le otorga mayor valor a los recursos que favorecen la fragilidad social de los hogares que a los relacionados con la población expuesta.

Con referencia a la fragilidad social se valora en primer lugar la cobertura de salud. En segundo lugar se ubica tanto a la madre analfabeta como a las hijas de 15 a 19 años madres solteras por considerarlas debilidades en el portafolio de activos del hogar debido a que pueden provocar incapacidad para transferir los recursos necesarios a los hijos. Por último, se valúan los hijos de 8 a 15 años con rezago, abandono del sistema educativo y los hijos de 15 a 24 años que no estudian ni trabajan por estimar que estos comportamientos que exhiben los hijos son configuraciones de coyunturas críticas que vivió el hogar y que marcaron la trayectoria de sus miembros pudiendo producir bloqueos en la acumulación de activos.

Con relación a población expuesta el primer lugar lo ocupa la población con NBI que presentan el indicador de privación referido a la capacidad de subsistencia. El proceso del trabajo, por ser un proceso que afecta considerablemente el patrón de vida tiene un impacto considerable en la conformación del modo de vida, y cuando adquiere facetas o formas destructivas suele provocar cambios negativos profundos en la salud. (Breilh, 2003) El segundo lugar corresponde a los hogares con jefatura femenina debido a que la incompletud de la organización familiar determina débil capacidad de control. Si bien las jefas mujeres no presentan atributos sociales muy diferenciados a los de los hombres, efectivamente se insertan en condiciones de mucha mayor precariedad a lo largo de su vida laboral, lo cual implica además de la alta rotación laboral, la ausencia de cobertura en salud, de días pagos por enfermedad, entre otras, con las consecuencias de la mayor desprotección social y económica de ella misma y de los miembros de su familia. (Caccopardo, 1999) Finalmente el tercer lugar lo ocupan los hogares con más de tres niños entre 0 a 5 años por su mayor dependencia de la estructura de

oportunidades y eficiencia en la transmisión de activos de la familia, (así como de protección frente a pasivos) (Katzman, 1999) y los hogares con personas de 60 años y más, también, por su necesidad de mayor protección frente a pasivos por parte de la familia, la comunidad y el Estado.

#### **c.3) Para el análisis de la amenaza**

Los recursos que componen el capital físico se han calificado de acuerdo a su correspondencia al orden estructural –macro- ligados a formas de equidad/inequidad en la vida social y que se constituyen en generadores pretéritos de procesos protectores y/o destructivos en el orden singular –micro-. Así, en primer lugar se ubican microlocalización, provisión de agua y saneamiento; en segundo lugar situación dominial, materialidad y combustión para cocinar; en tercer lugar espacio habitable y por último electrodomésticos.

### **3. Modelización matemática de la vivienda precaria urbana marginal a partir del riesgo y la vulnerabilidad sociodemográfica.**

Para modelizar un sistema con fines de predicción o pronóstico existen diversas técnicas o herramientas. Tratándose de una representación de riesgo de la vivienda para la salud desde una perspectiva holística, algunas herramientas pueden ser más apropiadas que otras debido al enfoque multidisciplinar y a la naturaleza de las variables que se desea involucrar.

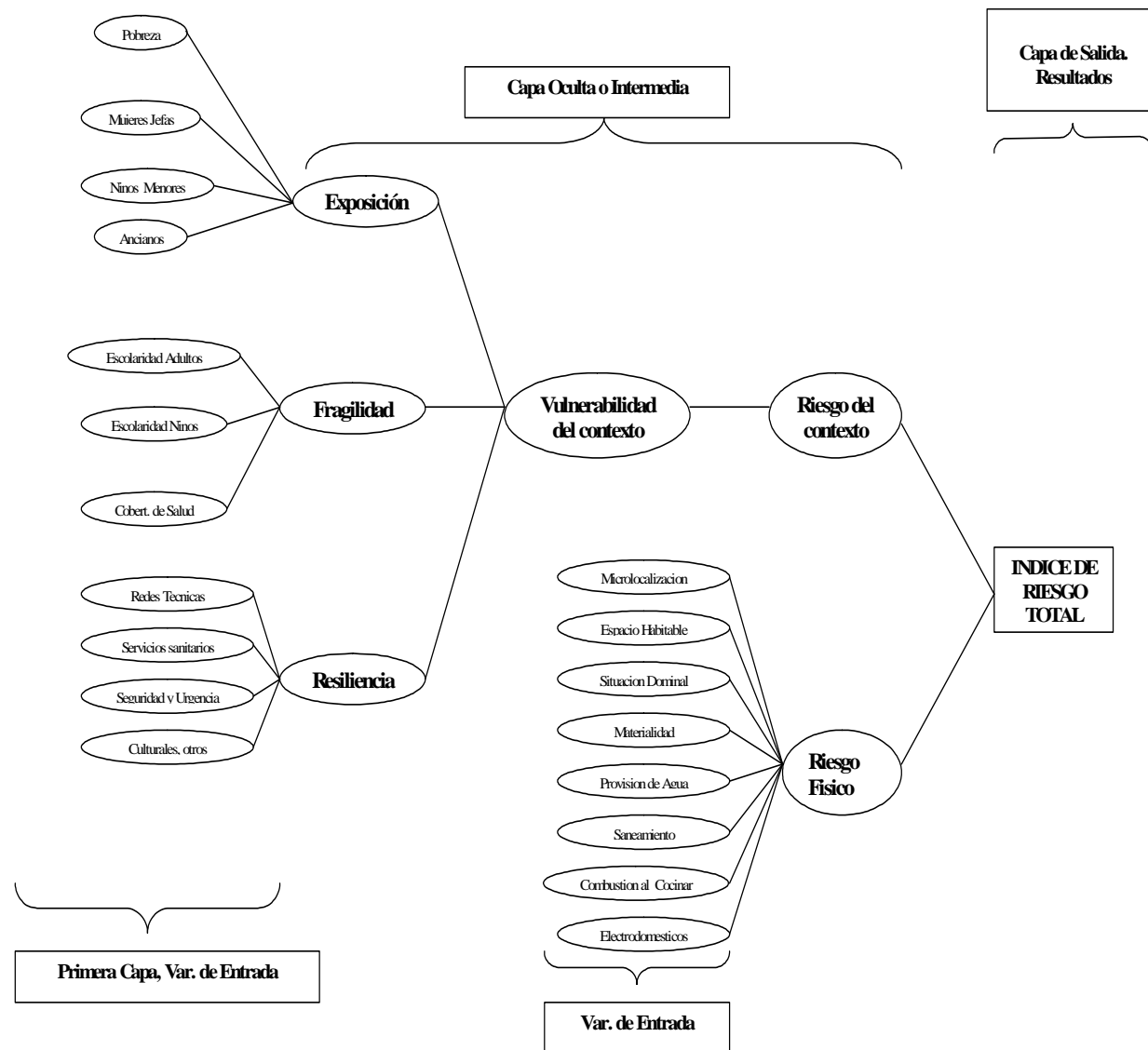
La modelización se realiza mediante red neuronal artificial y lógica difusa despejando todos los componentes de la amenaza y la vulnerabilidad a partir de las variables de la vivienda que constituyen la amenaza para la salud y variables sociales que conforman la vulnerabilidad.

La identificación de las variables y su análisis jerárquico o estructural para determinar el impacto de cada variable en todas las demás se realiza teniendo en cuenta la opinión de los expertos –demógrafos, sociólogos, médicos, arquitectos- mediante un proceso de consenso y retroalimentación. Para esto se propone el empleo de técnicas etnográficas -entrevistas con cédulas breves, técnicas conversacionales, grupos focales, entre otras- y de análisis multicriterio.

#### **a) Modelo híbrido de MLP con aprendizaje por retro – propagación de errores en subredes y corrección en producción por conjuntos borrosos de salidas intermedias**

El modelo de red neuronal desarrollado en este trabajo, tiene una arquitectura que no es típica de los modelos de redes neuronales artificiales (por ejemplo, no existe conexión completa entre las neuronas de una capa y la siguiente); esto obedece a que se ha intentado reflejar el modelo conceptual realizado para el análisis del Índice de Riesgo Total en la arquitectura de la solución computacional.

Gráfico 1: Estructura de la Red Neuronal



Por ello, se considera la red propuesta como conformada por seis subredes distintas de tipo Perceptron Multicapa (Multilayer Perceptron (MLP), descrita en Punto 6: Apéndice, RNA) trabajando en forma cooperativa para obtener la respuesta deseada. Estas subredes corresponden al cálculo de Exposición, Fragilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad del Contexto, Riesgo Físico y, finalmente, Índice de Riesgo Total.

Este esquema de particionado en subredes tiene ciertas ventajas adicionales; en particular en las siguientes:

- Cada una de las subredes puede ser entrenada en forma independiente, lo que permite mayor claridad y favorece la objetividad de los expertos que diseñan los juegos de datos de entrenamiento. Con este enfoque, se ha dividido el problema de los expertos de determinar con su conocimiento y experiencia el posible resultado a partir de un gran número de entradas, en seis subproblemas con menor número de entradas, lo que implica una menor complejidad en el análisis. Esto será aún de mayor utilidad, si en revisiones posteriores del trabajo se determinara la necesidad de incluir nuevos factores, componentes o índices.
- Por otro lado, siendo cada subred modelada por una red MLP, la aplicación del algoritmo de aprendizaje por retro-propagación de errores (ver Apéndice RNA) está formalmente justificada y, por sus típicas características de generalización, capturarán cabalmente el criterio de los expertos con suficiente entrenamiento.
- La consistencia del juicio de los expertos, puede además ser más fácilmente verificada ya que se trabaja con problemas más simples y de menor cantidad de variables que el problema completo.
- Finalmente, el cálculo de indicadores (Exposición, Fragilidad, Resiliencia) y de índices (Vulnerabilidad del contexto, Riesgo Físico), es efectuado en forma independiente, lo que posibilita su fácil tabulación para futuros trabajos de similar temática a la del nuestro.

Debido a que los factores propuestos en el modelo conceptual pueden medirse (en trabajo de campo) siempre en *cantidad de hogares* que tienen la característica indicada por el factor, las entradas son expresadas en forma cuantitativa y no cualitativa, por lo cual la idea de que las subredes sean MLP es consistente. Sin embargo, las salidas de cada una de ellas es indicada por los expertos con valores lingüísticos vagos (muy bajo, bajo, moderado, alto, muy alto, según descripción del Apéndice CB). Para expresar correctamente esto, se necesitan generar conjuntos borrosos porque los límites entre estos valores no son coincidentes, superponiéndose con distintos grados de participación. Durante el aprendizaje de las subredes, esto no representa un mayor problema ya que se pueden tomar, sin pérdida de generalidad (Patterson, 1996), los valores medios de referencia en éstos conjuntos, como valor de respuesta esperado. Sin embargo, durante la fase de producción de las subredes, el valor de salida obtenido frente a entradas desconocidas, será en general un número distinto del valor medio de algún conjunto borroso.

Esto nos lleva al carácter híbrido del modelo. En fase de producción, cada salida de una subred será ajustada (antes de actuar como entrada de la siguiente subred) de acuerdo al grado de pertenencia de la misma a los conjuntos borrosos definidos, utilizando el método de *cálculo del centroide* de la unión de los mismos. Esto *suaviza* la respuesta de cada subred adaptándose al criterio fijado por los expertos, en referencia a la definición por ellos realizada de los conjuntos borrosos.



Otra característica distintiva de las subredes respecto de las MLP estándares, es que las entradas de valores de los componentes estarán ponderadas por el *peso de incidencia* otorgado por los expertos, de los mismos sobre cada indicador y de los indicadores sobre cada índice. Éste aspecto, refleja en el modelo computacional la opinión de los expertos sobre las incidencias relativas de componentes, indicadores e índices, respecto de los demás.

En resumen, el modelo computacional propuesto responde estructuralmente al modelo conceptual del trabajo y permite el entrenamiento del mismo a partir del conocimiento de expertos, para su posterior uso en tareas de campo.

#### b.) Forma de Trabajo del Modelo Computacional

El sistema transitará por tres etapas para su configuración y puesta en marcha:

- **Determinación de parámetros:** Para cada uno de los componentes e indicadores seleccionados como relevantes en el trabajo para la determinación del Índice de Riesgo Total, distintos expertos asignarán a su criterio porcentajes de incidencia relativa, dentro de cada subred. La consistencia de estos criterios será verificada, utilizando la técnica denominada *Proceso Jerárquico Analítico* (AHP *Analytical Hierarchy Process*) que realiza comparaciones pairwise (Cardona, 2001). De acuerdo a ésta técnica, la relación de consistencia resulta de dividir el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pairwise dada y el valor del mismo índice para una matriz generada en forma aleatoria. Cardona (2001) indica que la confiabilidad es suficiente si la relación de consistencia se mantiene igual o menor a 0,10. Una vez establecida la consistencia, se procede a normalizar la matriz y determinar los factores ajustados de los factores de participación. Además, los expertos definirán los límites y formatos de los conjuntos borrosos para los indicadores e índices a los que se asignen valores cualitativos (muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto).
- **Aprendizaje:** Mediante ejemplos de entrenamiento aportados por los expertos para cada una de las subredes MLP, se entrenan las mismas utilizando el algoritmo de retro-propagación de errores. Las salidas vagas aportadas por los expertos son desfuzzificadas utilizando la definición de conjuntos borrosos por ellos indicada, a los fines del cálculo de error medio cuadrático en la salida de las subredes.
- **Producción:** Una vez que las subredes están entrenadas, puede procederse a utilizar el sistema con datos de campo reales. Si los resultados no son todo lo adecuados según las expectativas de los expertos, los mismos pueden eventualmente reconfigurar la red, revisando y modificando sus ponderaciones de incidencia, la definición de los conjuntos borrosos y la especificación de juegos de entrenamiento (o aportar nuevos), con lo cual se deberá volver a la fase de aprendizaje para re-entrenar las subredes.

#### 4. Consideraciones Finales

Se considera que esta propuesta para estimar el riesgo de la vivienda para la salud basada en el análisis de la vulnerabilidad sociodemográfica permitirá verificar los resultados y priorizar las acciones de prevención y planificación que se deban implementar para intervención y modificación de las condiciones que mas influyen en la conformación de la vivienda como insalubre porque identifica los activos y los pasivos y las formas como se articulan y reconoce la razón por la cual los hogares de una villa de emergencia, un barrio y una ciudad presentan un mayor índice de riesgo que otra.

Por otra parte, la modelización mediante redes neuronales artificiales facilita la actualización del valor de cada componente del riesgo lo que favorece el análisis de sensibilidad y calibración posibilitando llevar a cabo fácilmente el seguimiento del escenario de riesgo.

Además, los conjuntos borrosos permiten la valoración de los componentes mediante apreciaciones lingüísticas, lo que facilita la evaluación incluso de casos en que la información numérica no esta disponible.

Finalmente se expresa que no se puede **disecar** linealmente la realidad de la vivienda y la salud para explicar y enfrentar fragmentariamente los problemas que la agobian, sino que se debe aproximar a ella desde el entendimiento de las personas que las constituyen con una visión global y coherente que abarque las debilidades y fortalezas sociales y sus interrelaciones con las correspondientes debilidades y fortalezas ambientales, es decir, físicas, económicas, políticas, ideológicas, culturales, educativas.

## 5. Bibliografía

1. Almeida- Filho, Naomar. 2000. **La ciencia tímida. Ensayos de deconstrucción de la epidemiología.** Editorial Lugar, Buenos Aires.
2. Blaikie, et al. 1996. **Vulnerabilidad, el entorno social de los desastres.** Bogota, La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, La Red/ITDG.
3. Breilh, Jaime. 2003. **Epidemiología Crítica. Ciencia Emancipadora e Interculturalidad.** Editorial Lugar. Buenos Aires.
4. Bunge, Mario. 1972. **Causalidad: El principio de Causalidad en la Ciencia Moderna.** Editorial Universitaria. Buenos Aires.
5. Cacopardo, M.C. 1999. *Jefas de hogar de ayer y de hoy en la Argentina* Ponencia presentada al **Seminario General de la Red de Estudios de Población ALFAPOP**, coordinat pel Centre d'Estudis Demogràfics celebrat a Bellaterra.
6. Cardona Arboleda, Omar Dario. 2001. *Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos.* Mimeo. Colombia, (Tesis Doctoral presentada a la Universidad Politécnica de Cataluña -UPC-, Barcelona).
7. Del Brío M. B., Sanz Molina A. 1997. **Redes Neuronales y Sistemas Borrosos,** Ra-Ma., España.
8. Denker J., Shwartz D., Wittner B., Solta S., Howard R., Jackel K., Hopfield J. 1987. *Large Automatic Learning, Rule Extraction and Generalization.* **Complex Systems**, Vol. 1, pp. 877-922.
9. Filgueira, Carlos 2001. *Estructura de oportunidades y vulnerabilidad social: aproximaciones conceptuales recientes*, documento presentado en el seminario internacional **Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe.** Santiago de Chile.
10. Hilera R. J., Martínez V. J. 1995. **Redes Neuronales Artificiales.** Addison-Wesley Iberoamericana. España.
11. Kaztman, Rubén. 2000. *Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social.* **5° Taller Regional. La medición de la pobreza: métodos y aplicaciones** (continuación). Santiago de Chile, Banco Interamericano de Desarrollo (BID)-Banco Mundial-Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)-Instituto Brasileiro de Defensa del Consumidor (IDEC), Aguascalientes.

12. Morin, Edgar. 2003. **Introducción al pensamiento Complejo**. Editorial Gedisa. Barcelona
13. Moser C. 1998. *The Asset Vulnerability Framework: Reassessing Urban Poverty Reduction Strategies*, en **World Development**. Vol, 26.
14. Newman J. 1994. **El Mundo de las Matemáticas**. Grijalbo, Barcelona, España. Vol. 6.
15. OMS. 1998. Promoción de la Salud: Glosario. Ginebra.
16. Organización Mundial de la Salud - Organización Panamericana de la Salud. 2000. **La salud y el ambiente en el desarrollo sostenible**. Publicación científica N° 572. Washington, D.C. 2003, EUA.
17. Patterson D. W. 1996. **Artificial Neural Networks**. Prentice-Hall, Singapur.
18. Rojas, M. del C. 2004. "Lineamientos Teóricos para la estimación holística de la vulnerabilidad y el riesgo de la vivienda en la salud humana. Una revisión necesaria para la gestión de la vivienda saludable". **Cuaderno Urbano N°4. Espacio, Cultura, Sociedad**. Edición Forourbano. Resistencia. Chaco. pp 147-174
19. Rojas, M. del C.; Ciuffolini, M.B. y Meichtry, N. 2005. "La vivienda Saludable como estrategia para la promoción de la salud en el marco de la medicina familiar. Hacia una comprensión del proceso salud-enfermedad basada en la intersubjetividad". **Archivos de Medicina Familiar**. Órgano Oficial de la Asociación Latinoamericana de Profesores de Medicina Familiar. AC. México.
20. Rumelhart D. y McClelland J. 1986. **Parallel Distributed Processing. Foundations**, MIT Press, (USA). Vol. 1
21. Smuts, J.C. 1926. **Holims and Evolution, Nova Lorque**. Mac. Millan.
22. Stewart, I. 2001. **Juega Dios a los Dados?** Drakontos. Crítica. Barcelona.
23. Weil, P. 1997. **Holística: una nueva visión y abordaje de lo real**. Editorial San Pablo. Bogota.

## 6. Apéndice

### Redes Neuronales Artificiales (RNA)

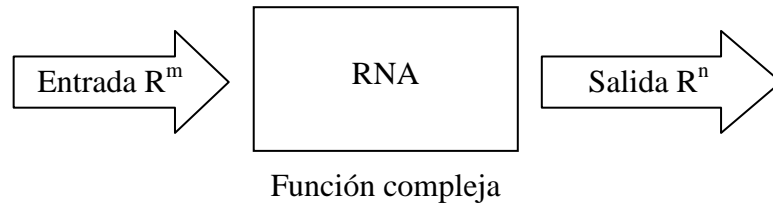
Las redes neuronales artificiales son modelos de computación inspirados en modelos biológicos, específicamente, el sistema nervioso de los animales.

En 1943, el neurocientífico Warren McCulloch y el matemático-lógico Walter Pitts plantean un modelo matemático del funcionamiento de la neurona biológica (McP) y demuestran que cualquier proceso que pueda hacerse con un sistema automático puede ser efectuado por un conjunto de estos elementos; von Neumann efectúa luego estudios comparativos entre los sistemas automáticos y los sistemas biológicos discutiendo sus diferencias y similitudes e interesándose por la "complicación" de los mismos (Newman, 1994).

En 1957 Rosenblatt, basado sobre un modelo de la retina biológica, presenta el *Perceptron*, una red de neuronas del tipo McP; éstas podían tener entradas continuas (analógicas) o binarias (digitales), con dos capas, heteroasociativa, de tiempo discreto, que puede "aprender" a clasificar patrones con un proceso de corrección de errores (convergencia) en un tiempo finito.

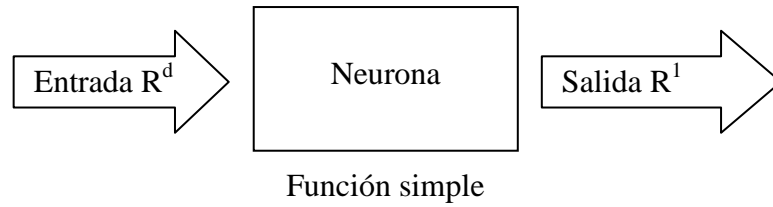
En 1982 un físico, John Hopfield presenta su modelo de red autoasociativa (memoria de acceso por contenido), cuyos logros influye decididamente al impulso de las redes neuronales artificiales.. A éste trabajo siguieron los de Rumelhart [Rumelhart-1986] que introduce *backpropagation* como algoritmo de aprendizaje (método de ajuste de pesos), Denker [Denker-1987] en 1987 demuestra que toda función booleana puede ser representada por una red neuronal unidireccional con una única capa oculta, y muchos otros que generaron un vigoroso campo de estudio y aplicación de estos modelos.

Las redes neuronales artificiales son sistemas complejos tomados como *cajas negras* para efectuar trabajos de reconocimiento de patrones, aproximación de funciones y descubrimiento de clasificaciones, aún si éstos representan problemas complejos fuertemente no lineales.



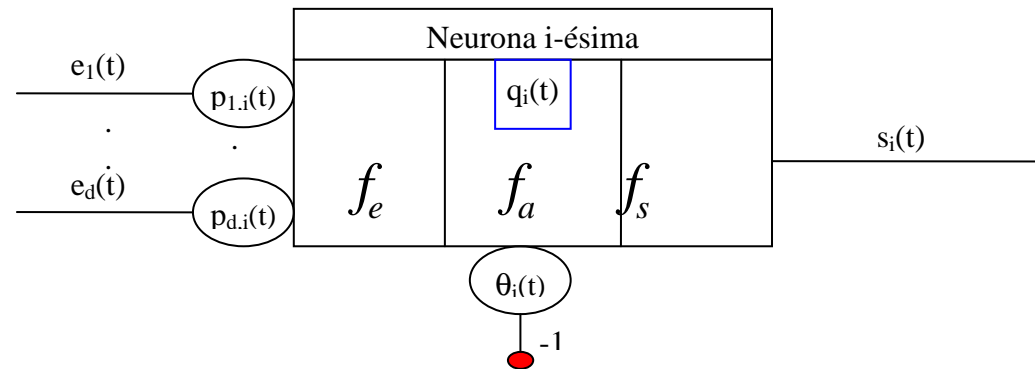
Para determinar una Red Neuronal Artificial, esto es, definir completamente su comportamiento y forma de trabajar, se debe:

- 1) Definir un conjunto finito y no vacío  $\mathbf{N}$  de elementos simples de cálculo de algún tipo (*neuronas*), no necesariamente todas iguales.



- 2) Definir una arquitectura de conexiones entre las neuronas, esto es, definir un conjunto  $\mathbf{C}$  de pares de elementos de  $\mathbf{N}$  que representen las relaciones entre las neuronas.  
En general, el conjunto  $\mathbf{C}$  se elige de tal forma que no queden neuronas aisladas y su conformación impacta fuertemente en el *modelo de red* que se está definiendo y en el *método de aprendizaje* de la misma.
- 3) Definir una dinámica de actualización: sincrónica o asincrónica.
- 4) Elegir una tarea a realizar como un conjunto de pares ordenados de entradas y salidas ( $\vec{e}(t) \in R^m, \vec{s}(t) \in R^n$ ).

Las neuronas normalmente utilizadas en las redes neuronales artificiales tienen la siguiente estructura:



Donde:

- $f_e(\vec{e}(t), \vec{p}_i(t)) = \sum_{k=1}^d e_k(t) \times p_{k,i}(d)$
- $f_a(f_e(\vec{e}(t), \vec{p}_i(t)), \theta_i(t), q_i(t)) = f_e(\vec{e}(t), \vec{p}_i(t)) - \theta_i(t)$

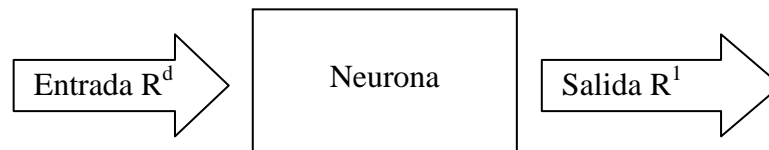
$$f_a(f_e(\vec{e}(t), \vec{p}_i(t)), \theta_i(t), q_i(t)) = \sum_{k=1}^d e_k(t) \times p_{k,i}(d) - \theta_i(t)$$

$$f_s(x) = \begin{cases} \text{lineal} & f_s(x) = \alpha \cdot x \\ \text{lineal por tramos 0/1} & f_s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 1 \\ (x+1)/2 & -1 < x < 1 \\ 0 & x \leq -1 \end{cases} \\ \text{lineal por tramos -1/1} & f_s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 1 \\ x & -1 < x < 1 \\ -1 & x \leq -1 \end{cases} \\ \text{binaria (discreta)} & f_s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \\ \text{signo (discreta)} & f_s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases} \\ \text{sigmoide 0/1} & f_s(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha \cdot x}} \\ \text{sigmoide -1/1} & f_s(x) = \tanh(\alpha \cdot x) \\ \cdot & \cdot \\ \text{otras} & \text{seno, gaussiana, etc.} \end{cases}$$

- $s_i(t) = f_s(f_a(f_e(\vec{e}(t), \vec{p}_i(t)), \theta_i(t), q_i(t)))$
- $q_i(t+1) = f_a(f_e(\vec{e}(t), \vec{p}_i(t)), \theta_i(t), q_i(t))$

En particular, para la red denominada PERCEPTRON MULTICAPA (MLP), la determinación de la red se traduce en:

- 1) Definir un conjunto finito y no vacío  $\mathbf{N}$  de elementos simples de cálculo de algún tipo (*neuronas*), no necesariamente todas iguales.



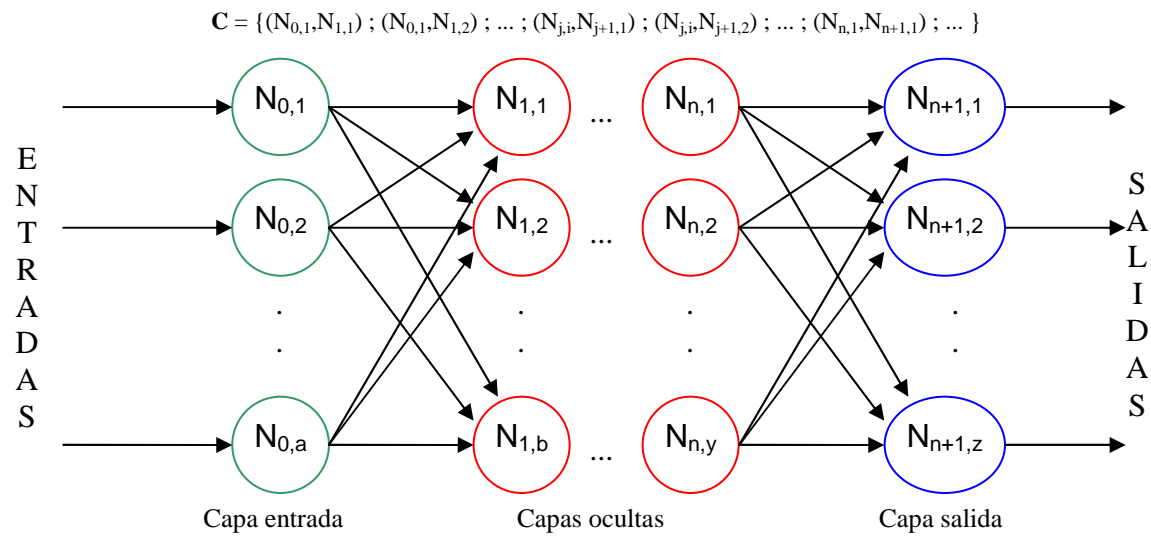
Función simple

$$\mathbf{N} = \{N_{0,1}; N_{0,2}; \dots; N_{i,j}; \dots; N_{n+1,m}\}$$

$$N_{i,j} = \begin{cases} i = 0 & \text{neurona } j\text{-ésima de la capa de entrada} \\ 1 \leq i \leq n & \text{neurona } j\text{-ésima de la capa oculta } i\text{-ésima} \\ i = n+1 & \text{neurona } j\text{-ésima de la capa de salida} \end{cases}$$

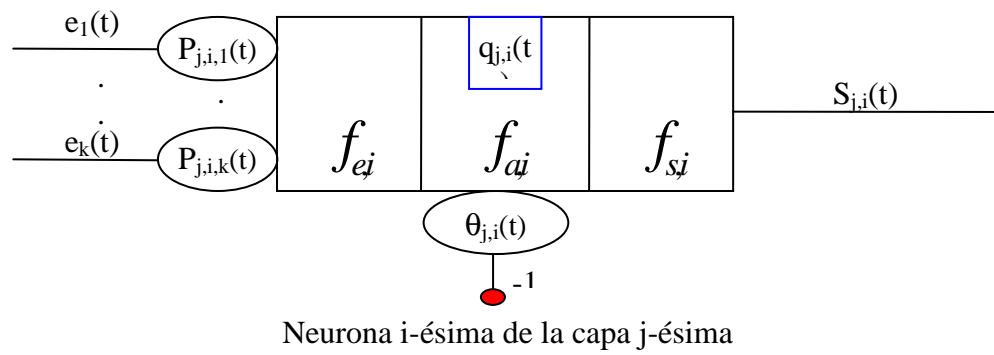
- 2) Definir una arquitectura de conexiones entre las neuronas, esto es, definir un conjunto  $C$  de pares de elementos de  $N$  que representen las relaciones entre las neuronas.

3)



- 4) Definir una dinámica de actualización: sincrónica o asincrónica.  
 SINCRÓNICA: Todos los pesos sinápticos se actualizan al mismo tiempo.
- 5) Elegir una tarea a realizar como un conjunto de pares ordenados de entradas y salidas  $(\vec{e}(t) \in R^m, \vec{s}(t) \in R^n)$  que serán utilizados para entrenar y probar la red.  
 Juego de Entrenamiento =  $\{(\vec{e}^{(1)}(t) \in R^a, \vec{s}^{(1)}(t) \in R^z), \dots, (\vec{e}^{(p)}(t) \in R^a, \vec{s}^{(p)}(t) \in R^z)\}$

En cuanto a la neurona típica utilizada en la red MLP, usualmente se define la  $i$ -ésima neurona de la  $j$ -ésima capa como sigue.



Donde:

$$f_{e,i}(\vec{e}(t), \vec{p}_i(t)) = \begin{cases} e_k(t) & \text{para neuronas de la capa 0 (entrada) con } k = 1, 2, \dots, a \\ \sum_{k=1}^{bc \dots z} e_k(t) \times p_{j,i,k}(t) & \text{para neuronas de la } j\text{-ésima capa, } j = 1, 2, \dots, n + 1 \\ & \text{donde la entrada } k\text{-ésima } e_k(t) = s_{j-1,k}(t) \text{ es la salida de la } k\text{-ésima neurona de la capa anterior.} \end{cases}$$

- $$f_{a,i}(f_{e,i}(t)) = \begin{cases} e_k(t) & \text{para neuronas de la capa 0 (entrada) con } k = 1, 2, \dots, a \\ & \text{(función identidad)} \\ \sum_{k=1}^{bc\dots z} e_k(t) \times p_{j,i,k}(t) - \theta_{j,i}(t) & \text{para neuronas de la capa } j\text{-ésima, } j = 1, 2, \dots, n+1 \text{ con} \\ & \text{umbral } \theta \text{ y pesos } p_{j,i,k}(t). \end{cases}$$
- $$s_{j,i}(t) = f_{s,i}(x) = \begin{cases} e_k(t) & \text{para neuronas de la capa 0 (entrada) con } k = 1, 2, \dots, a \\ & \text{(función identidad)} \\ \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} & \text{donde } x = f_{a,i}(f_{e,i}(\vec{e}(t), \vec{p}_i(t)), \theta_{j,i}(t)) \text{ y } \alpha \text{ es un} \\ & \text{factor que mide lo suave de la curva sigmoidea.} \end{cases}$$
- Las neuronas de la red, antes de ser productivas deben pasar por una **etapa de aprendizaje**, que de alguna forma, calcule el peso de cada conexión sináptica y los umbrales de cada neurona de la red, de tal manera que la red **infiera** la relación existente entre la entrada y la salida de los diferentes juegos de entrenamiento.
- Hecho esto, y ya en etapa de producción, el proceso de *propagación* de la información es estrictamente hacia delante, según lo indican las flechas en el esquema de conexión de la red. Al presentar el vector de entrada  $\vec{e}^{(r)}(t)$  a la capa de entrada (capa 0), las neuronas de esta capa difunden las componentes del vector para que lleguen a todas las neuronas de la primer capa oculta, como sus entradas. Allí, las neuronas de la capa oculta (capa 1) procesa las entradas según lo indicado y obtiene una salida  $s_{1,i}^{(r)}(t)$  para cada neurona i-ésima; esta salida es la entrada para la siguiente capa y así se propaga la señal hasta alcanzar la capa  $n+1$  (capa de salida), en donde se "lee" la salida total de la red  $\vec{s}^{(r)}(t)$ .

#### PERCEPTRON MULTICAPA

Proceso de Aprendizaje: RETROPROPAGACIÓN DE ERRORES (BP)  
(Procedimiento)

- Asignar un valor aleatorio pequeño en el (-1,1) a todos los pesos sinápticos de la red y a todos los umbrales de las neuronas.
- Elegir en forma aleatoria uno de los  $p$  pares de entrenamiento:  $(\vec{e}^{(r)}, \vec{s}^{(r)})$  y calcular hacia delante la salida de cada neurona i-ésima, de cada capa j-ésima de la red, obteniendo:

$$s_{j,i}^{(r)}(t) = \begin{cases} e_i^{(r)} & \text{para } j = 0 \text{ (capa entrada)} \\ & \text{para } j > 0 \text{ (resto de las capas).} \\ \frac{1}{1 + e^{-\alpha \left( \sum_{k=1}^h s_{j-1,k}^{(r)}(t) \times p_{j,i,k}(t) - \theta_{j,i}(t) \right)}} & \text{Aquí, } h \text{ es la cantidad de neuronas de} \\ & \text{la capa } (j-1)\text{-ésima y } e \text{ sin índices,} \\ & \text{la base de los logaritmos neperianos.} \end{cases}$$

- Calcular los deltas de cada neurona i-ésima de la capa de salida, utilizando la salida real de la red y la salida esperada de la red:

$$\delta_{n+1,i}^{(r)} = (s_{n+1,i}^{(r)}(t) - s_i^{(r)}) \cdot \frac{\partial s_{n+1,i}^{(r)}}{\partial f_a}, \text{ para nuestra función } \frac{\partial s_{n+1,i}^{(r)}}{\partial f_a} = s_{n+1,i}^{(r)}(t) \cdot (1 - s_{n+1,i}^{(r)}(t))$$

$$\delta_{n+1,i}^{(r)} = (s_{n+1,i}^{(r)}(t) - s_i^{(r)}) \cdot (s_{n+1,i}^{(r)}(t) \cdot (1 - s_{n+1,i}^{(r)}(t)))$$

4. Calcular los deltas de cada neurona  $i$ -ésima de las capas  $j$ -ésimas precedentes ( $j=n, n-1, \dots, 2, 1$  excluida la capa 0 de entrada), utilizando retro-propagación de errores:

$$\delta_{j,i}^{(r)} = \frac{\partial s_{j,i}^{(r)}}{\partial f_a} \cdot \left( \sum_{k=1}^h \delta_{j+1,k}^{(r)} \cdot p_{j+1,k,i}(t) \right), \text{ para nuestra función } \frac{\partial s_{j,i}^{(r)}}{\partial f_a} = s_{j,i}^{(r)}(t) \cdot (1 - s_{j,i}^{(r)}(t))$$

y  $h$  es la cantidad de neuronas de la capa  $(j+1)$ -ésima.

$$\delta_{j,i}^{(r)} = (s_{j,i}^{(r)}(t) \cdot (1 - s_{j,i}^{(r)}(t))) \cdot \left( \sum_{k=1}^h \delta_{j+1,k}^{(r)} \cdot p_{j+1,k,i}(t) \right)$$

5. Actualizar (sincrónicamente) los pesos usando:

$$p_{j,i,k}(t+1) = p_{j,i,k}(t) + \eta \cdot \delta_{j,k}^{(r)}(t) \cdot s_{j-1,i}^{(r)}(t) \quad \text{donde } \eta \text{ es un factor de aprendizaje } 0 < \eta < 1.$$

6. Volver al paso 2 y repetir para cada patrón hasta que el error total tenga un nivel aceptable.

### Conjuntos Borrosos y Lógica (CB)

La teoría de conjuntos borrosos fue propuesta por Lotfi Zadeh de la Universidad de California en Berkeley en 1965, como una generalización de la teoría de conjuntos clásica.

#### Conjuntos Nítidos

La teoría de conjuntos clásica (llamada *crisp set theory* por algunos autores de habla inglesa), puede derivarse de la lógica clásica apelando al concepto de *clases* y pensando en las relaciones de pertenencia de elementos a clases, como proposiciones lógicas que, en virtud del principio del tercio excluido, sólo pueden tener uno de dos significados: verdadero o falso, pero no ambos. Así, si  $\mathbf{p}: \mathbf{a} \in \mathbf{C}$  es la proposición "el elemento  $\mathbf{a}$  pertenece a la clase  $\mathbf{C}$ ", ésta no puede ser otra cosa que *verdadera* (el elemento efectivamente pertenece a la clase) o *falsa* (el elemento NO pertenece a la clase), no existiendo posibilidad intermedia. Este concepto genera conjuntos con una *frontera nítida* donde o se está adentro del conjunto o se está fuera.

Los conjuntos se determinan por *enumeración* indicando todos los elementos que lo conforman (si son finitos,  $\{a, b, c, d\}$ ), o por *comprensión* indicando alguna propiedad  $P$  que sólo cumplen aquellos elementos que efectivamente pertenecen al conjunto  $(\{x / P(x)\})$ . Así, los conjuntos nítidos quedan planteados como *colecciones bien definidas de objetos*, y se definen sobre ellos relaciones de igualdad e inclusión y las usuales operaciones de unión, intersección y complemento respecto de un universo de discurso.

Un modo útil de caracterizar conjuntos es a través de su función característica:

$$f_C(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \text{ pertenece al conjunto } C \text{ (denotado } x \in C) \\ 0 & \text{si } x \text{ no pertenece al conjunto } C \text{ (denotado } x \notin C) \end{cases}$$

Con esta caracterización y dados dos conjuntos nítidos  $A$  y  $B$ , las funciones características de los nuevos conjuntos generados a partir de las operaciones usuales pueden definirse, por ejemplo, como:



$$f_{A \cup B}(x) = \max(f_A(x), f_B(x))$$

$$f_{A \cap B}(x) = \min(f_A(x), f_B(x))$$

$$f_{\neg A}(x) = 1 - f_A(x)$$

### Conjuntos Borrosos

Los humanos trabajamos y pensamos usualmente con conceptos inexactos sobre las cosas del mundo real, utilizando términos ambiguos, vagos y hasta contradictorios; este conocimiento es difícil de representar con una lógica bivalente y una teoría de conjuntos nítidos. Por ejemplo, expresiones como *bastante más grande*, *demasiado alto*, *muy caliente* son esquivas a la hora de determinar conjuntos claramente determinados de cosas grandes, altas o calientes. Aquí *tamaño*, *altura* y *temperatura* son las magnitudes que admiten los anteriores calificativos respectivamente; se las denomina *variables lingüísticas*.

La idea de los conjuntos borrosos, es justamente poder manejar estos conceptos *no bien definidos* donde la frontera que separa distintas clasificaciones de objetos no es tan nítida como uno querría.

En la teoría de conjuntos borrosos, los elementos tienen *grados* de pertenencia a los conjuntos en el rango  $[0-1]$ , donde cero significa que el elemento decididamente no pertenece al conjunto y uno que el elemento pertenece con certeza al conjunto; pero se admiten valores intermedios como 0,75 para la función de pertenencia, lo que implica una lógica subyacente en la que el principio del tercio excluido no se verifica (*lógica difusa*).

Así, un conjunto borroso  $A$  tendrá una función característica o de pertenencia:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si el elemento } x \in A \text{ completamente} \\ 0 < g < 1 & \text{si el elemento } x \in A \text{ con grado } g \\ 0 & \text{si el elemento } x \notin A \end{cases}$$

Aquí, la igualdad de dos conjuntos borrosos  $A$  y  $B$  se define como la igualdad de los valores de las funciones características de todos sus elementos:

$$A = B \leftrightarrow \forall x: \mu_A(x) = \mu_B(x);$$

y se dice que el conjunto borroso  $A$  es subconjunto de otro  $B$  si se cumple:

$$A \subseteq B \leftrightarrow \forall x: \mu_A(x) \leq \mu_B(x);$$

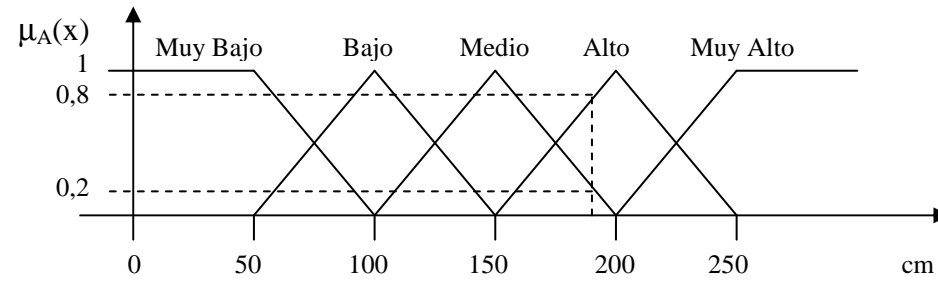
Las operaciones usuales entre conjuntos, mantienen sus definiciones bajo la descripción por funciones características:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Si, hablando de personas  $\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x)$  tomamos la variable lingüística *altura*, en lógica clásica podríamos definir a una *persona alta* como aquella que mide más de 1,80 cm., por poner sólo un ejemplo. Con este concepto, si Marcelo mide 1,79 cm. y Juan 1,81, diríamos que Juan es certeramente alto y que Marcelo definitivamente no es alto, cuando en realidad sólo los separan dos centímetros (poco menos del 4% !!!).

Pensando en lógica difusa y conjuntos borrosos, podrían definirse distintas calificaciones para alturas (conjuntos), con funciones características típicas como en:



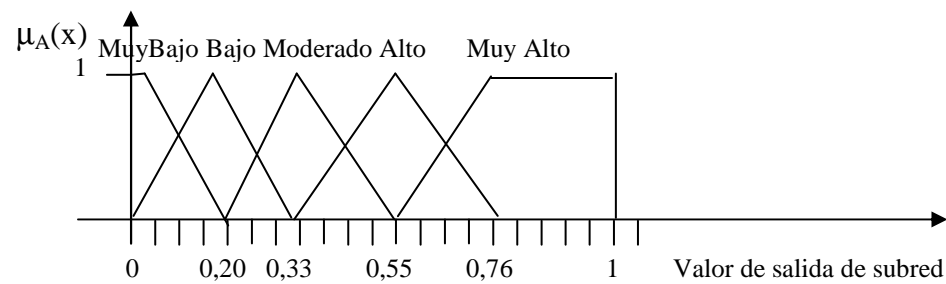
Según este esquema, Juan de 1,81 cm. (indicado por las líneas punteadas) será Alto en un grado de 0,80 y Medio en un grado de 0,20; para las calificaciones Muy Bajo, Bajo, y Muy Alto, Juan tendrá grado nulo. Si colocáramos la medida de Marcelo de 1,79 cm. en este gráfico, Marcelo también tendría calificaciones de Medio y Alto (muy cercanas a las de Juan) y nulas para el resto. Esta forma de presentar los hechos se asemejan más a la forma en que los humanos pensamos y razonamos que el anterior caso con lógica clásica.

Las funciones de pertenencia pueden ser triangulares (como en el ejemplo), trapezoidales, sigmoideas, en forma de campana o con cualquier otro formato que se considere representa mejor las calificaciones de la magnitud bajo estudio. Para una descripción de las características matemáticas de las funciones más usuales, remitimos al lector a (Del Brio-1997).

A partir de estos conceptos básicos, se genera una teoría de conjuntos borrosos y de lógica difusa completa, en la cual se definen nuevos términos, operaciones, relaciones, etcétera. Sin embargo, sólo presentaremos en lo que sigue, un resumen de aquellos conceptos necesarios para nuestro trabajo de cálculo del Índice de Riesgo Total remitiendo a aquellos interesados en profundizar el tema, a la bibliografía de referencia.

### Conceptos Utilizados

En concordancia con [Cardona-2001], los conjuntos borrosos adoptados para los seis niveles previstos de los indicadores e índices involucrados en el trabajo, son los que se muestran en la siguiente figura:



quedando así definidos los puntos medios de los conjuntos borrosos (teniendo en cuenta que el riesgo máximo inicia en 0,80):

Nivel / Calificación	Valor definido de salida
Muy Bajo	0,07
Bajo	0,17
Moderado	0,33
Alto	0,55
Muy Alto	0,76

Por otro lado, considerando las superficies definidas por las funciones de pertenencia de los conjuntos para los cinco niveles como aproximadamente regulares, el cálculo del centroide (valor suavizado) de la unión de dos subconjuntos generados a partir de un valor  $x$  de salida de cualquier subred, puede ser calculado como (Hilera,1995):

$$\text{centroide} = \frac{\text{ValorDefinido}_A \times \text{SubArea}_A + \text{ValorDefinido}_B \times \text{SubArea}_B}{\text{SubArea}_A + \text{SubArea}_B}$$