

Modelos multicriterio basados en funciones de utilidad

Dra. Liliana Ramírez (*)

Prof. Romina Claret (**)

INTRODUCCIÓN

La Geografía Cuantitativa tiene su origen más reconocido en el artículo publicado por Fred Schaefer en la revista *Annals of the Association of American Geographers* en 1953, denominado *Excepcionalism in Geography: A methodological examination*, a partir de ese momento el camino recorrido por los estudios geográficos que adhieren a esta corriente ha sido por demás profuso y ha generado un valioso conjunto de conocimientos científicos. Schaefer sostenía que toda ciencia debe preocuparse por la búsqueda de leyes ya que ese es el fin último de toda producción científica, para ello se requiere de manera inequívoca el uso de métodos cuantitativos que permitan la generación de hipótesis, que al ser contrastadas con la realidad podrían convertirse en teorías y leyes científicas. Así la Nueva Geografía se identificó con la utilización de técnicas estadísticas, con el énfasis en la formulación de leyes frente a la simple descripción idiográfica y, con la metodología deductiva y teórica. Después de más de sesenta años de aquel texto que significó un punto de inflexión en la investigación en Geografía, y más allá de los reparos que se leen respecto de los resultados que se alcanzan, el enfoque cuantitativo no ha perdido vigencia y, en ocasiones, advertimos como se fortalece cada vez que se accede, por ejemplo, a nuevos datos censales.

En consonancia con la propuesta del enfoque cuantitativo el presente trabajo es la región de encuentro de tres temáticas de relevante interés tanto desde el punto de vista conceptual como técnico-metodológico: por lado el concepto de Salud Ambiental (SA) y el proceso que conlleva su operacionalización; por otro lado la utilización de los modelos multicriterio basados en funciones de utilidad -también conocidos como modelos de utilidad multiatributo - *multi-attribute utility model* (MAUT)- que serán utilizados para tratar la complejidad y diversidad de variables o dimensiones intervinientes en la definición de la SA; finalmente, la obtención de un índice de SA como expresión de síntesis de un elevado número de indicadores estadísticos que tienen como fuente al Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda de 2010. Corrientes y el Área Metropolitana del Gran Resistencia –AMGR-, capitales de la provincia homónima y de Chaco, respectivamente, son los espacios geográficos elegidos para aplicar el modelo señalado y para territorializar el Índice de Salud Ambiental (ISA).

1. LA PERSPECTIVA CONCEPTUAL

1.1.- La Salud Ambiental

Las relaciones entre la salud humana y las influencias ambientales derivaron en el surgimiento del concepto *Salud Ambiental* (SA) que, acorde con lo expresado por la Organización Mundial de la Salud (1989) “comprende aquellos aspectos de la salud y la enfermedad humanas que son determinados por factores del ambiente. También se refiere a la teoría y práctica de valorar y controlar factores en el ambiente que estén en posibilidades de afectar la salud” (Gosselin, 2001). Posteriormente, tras la cumbre de Río de Janeiro en 1992, se revisa este concepto de *Salud Ambiental* especificando la participación de distintos factores e incorporando las actividades de *corrección, control y prevención* con relación a los impactos de los factores ambientales determinantes en el ser humano, con lo cual se expone una nueva definición: “*la salud ambiental comprende aquellos aspectos de la salud humana incluyendo la calidad de vida, que son determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicológicos en el medio*

ambiente. También se refiere a la teoría y práctica de valorar, corregir, controlar y evitar aquellos factores en el medio ambiente que potencialmente puedan perjudicar la salud de generaciones actuales y futuras” (Gosselin, 2001).

El interés por indagar cuestiones relativas a la *Salud Ambiental* nos ha llevado a idear un Índice que intenta sintetizar un conjunto de variables que se miden y se registran en ocasiones de censos nacionales y que dan cuenta de algunas de las dimensiones o campos de actuación de la SA. Esta medición entiende y atiende al entorno inmediato en el que vive la población: características de la vivienda (calmat, techo y piso), acceso al agua segura y a la eliminación de excretas.

1.2.- Los Modelos de Utilidad Multiatributo

Los modelos multiatributo o modelos de utilidad multiatributo (MAUT), forman parte del amplio abanico de métodos de evaluación y decisión multicriterio. Pueden ser definidos como aquellos que están diseñados para obtener la utilidad de alternativas a través de los atributos valiosos, que deben ser evaluados como componentes de los criterios (Hernández *et al.*, 2002). Para cada atributo o indicador se determina la correspondiente función de utilidad (parcial), y luego se agregan en una función de utilidad multiatributo de forma aditiva o multiplicativa. Esta utilidad, en ocasiones puede ser ponderada de acuerdo a la importancia de cada una de ellas. El rigor y rigidez de los supuestos teóricos de este método requiere un elevado nivel de información del agente decisor para la construcción de funciones de utilidad multiatributo (Martínez 1998, cit. por Avila Mogollón 2000).

El principal objetivo de estos modelos de utilidad multiatributo es auxiliar a los centros decisores a describir evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo con varios criterios (Colson y De Bruin 1989, cit. por Barredo Cano, 1996). Esto admite que se transformen en herramientas que permiten analizar y dar cuenta de complejas situaciones de la realidad actual. De acuerdo con los fines específicos de nuestro trabajo el modelo multiatributo estará representado por los distintos indicadores que nos brindan información acerca de las variables que, enmarcadas en las dimensiones que más adelante se detallarán, darán cuenta de la SA.

1.3.- Los Indicadores e Índices

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE), las dos funciones principales de los indicadores ambientales son: (*) Reducir el número de medidas y parámetros que normalmente se requieren para ofrecer una presentación lo más cercana posible a la realidad de una situación y (**) Simplificar los procesos de comunicación. No obstante, cuando se utiliza un parámetro o un indicador para describir la situación de un tema, frecuentemente ocurre que no refleja bien la condición del sistema o lo simplifica, de tal suerte que resulta inútil para la toma de decisiones. Por ello, a menudo se recurre a la elaboración de índices y conjuntos de indicadores (OCDE 1998).

Estas ideas que se dirigen a indicadores ambientales bien se pueden utilizar para todo tipo de indicadores, de ahí la pertinencia de ellas en este texto. Paralelamente no queremos dejar de mencionar que cualquier tipo de indicador o índice se apoya en un sistema de estadísticas que son relevadas periódicamente desde los organismos encargados de hacerlo, así, mediante datos estadísticos, es posible construir indicadores técnicamente robustos, cuya utilidad, según Hernández, radica en poder contar con información que permita precisar mecanismos de

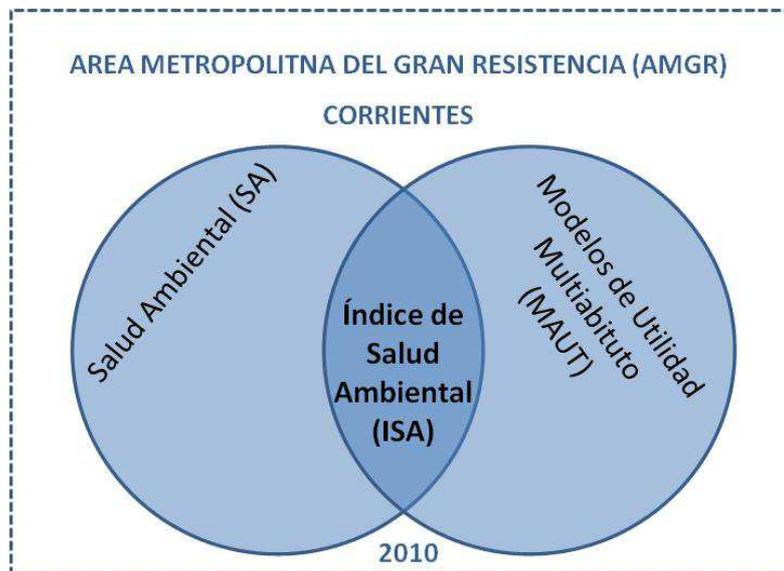
planificación focalizada basados en indicadores de la condición de pobreza de las personas o de los hogares ya que actualmente, la mayoría de los mecanismos de focalización en las políticas sociales se valen de información estadística disponible a distintos niveles de agregación para identificar a los posibles beneficiarios (Hernández 2005).

Además de la OCDE, otro organismo, como el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad de España (1999), señala que los Planes Nacionales de Acción sobre Salud y Medio Ambiente (NEHAPs) deben apoyarse en un sistema de información sobre salud y medio ambiente, que permita desarrollar la vigilancia de los factores ambientales determinantes de los estados de salud, que sirva para elaborar una política de acciones y comunicación con el público, y al mismo tiempo que posibilite la comparación a nivel internacional entre los propios Estados Miembros.

La propuesta del ISA se apoya en el convencimiento de que cumple con las funciones y con la utilidad que los organismos internacionales recomiendan, ya que se refiere conjunto de variables que dan cuenta del entorno inmediato de la población que es uno de los factores determinantes de la salud de la población y por otra parte consideramos que tiene un efecto comunicativo relevante para el colectivo decisor que tiene en sus manos la gestión de la política pública. Asimismo, y en concordancia con las recomendaciones de la OCDE, es un índice que deviene de un sistema de información oficial como es el Censo lo que debiera asegurar contar con datos para las actualizaciones.

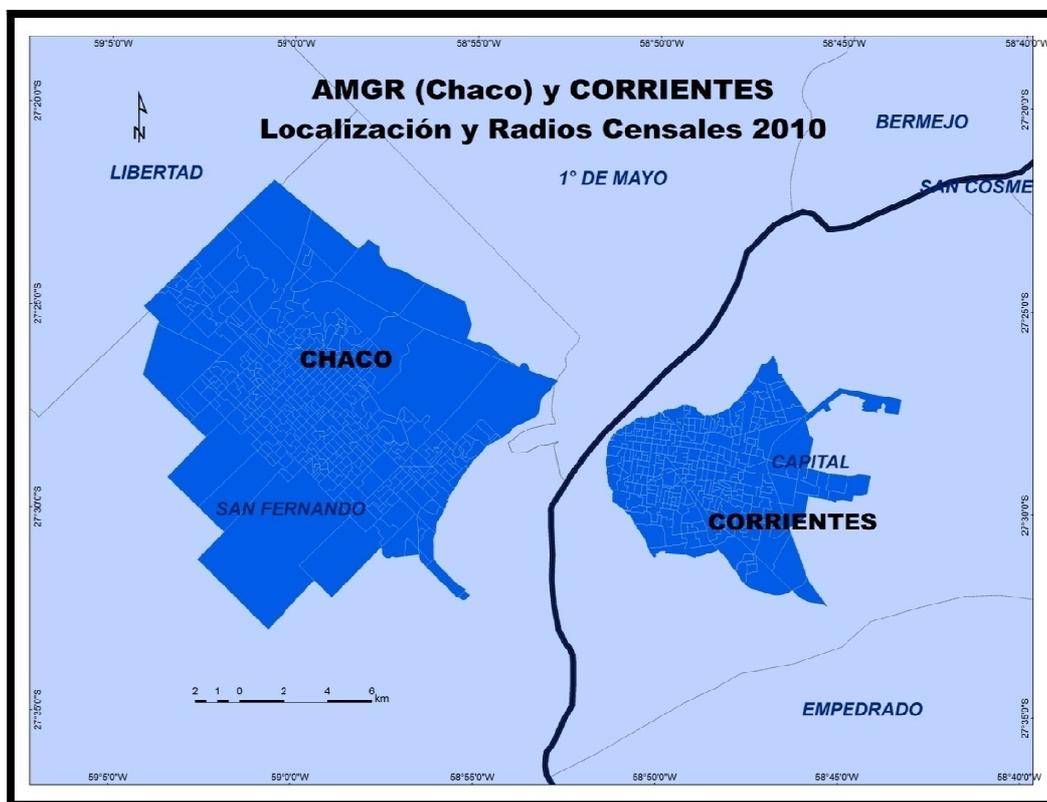
1.4.- Concluyendo

Concluyendo este primer apartado y luego de todo lo expresado el objetivo de esta contribución es elaborar el Índice Salud Ambiental para los conglomerados de Corrientes y el AMGR basándonos en un Modelo de Utilidad Multiatributo de tipo aditivo que permita dar cuenta de la prelación a los radios censales que se encuentran en situación de vulnerabilidad y como consecuencia conocer la cantidad de población expuesta. El esquema sería:



2. EL AREA DE ESTUDIO Y LAS DIMENSIONES INTERVINIENTES

Como hemos adelantado el trabajo se centra en analizar dos conglomerados del Nordeste Argentino: el Área Metropolitana del Gran Resistencia (Chaco) y Corrientes (capital la provincia del mismo nombre). La unidad de análisis que se utilizó es el radio censal (RC), el AMGR tiene 426 RC, mientras que Corrientes tiene 300 RC.



Mapa 1: Área de Estudio. Elaboración propia, en base a INDEC, 2010.

Las dimensiones y variables seleccionadas que definen la Salud Ambiental son las que ya hemos definido en trabajos anteriores utilizando datos 2001 (Cfr. Ramírez y Claret, 2014a, 2014b y 2014c) y que, en esta ocasión se han adaptado a lo que se relevó en el Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010, ellas son:

Dimensión: condiciones de la vivienda, instalaciones y habitabilidad	
Indicador	Código asignado
Hacinamiento (INDHAC): representa el cociente entre la cantidad total de personas del hogar y la cantidad total de habitaciones o piezas de que dispone el mismo (sin contar baño/s y cocina/s). Más de 3 personas por cuarto.	H_INDHAC5y6
Calidad de los materiales de la Vivienda CALMAT III y IV (condiciones más deficientes) <i>Calidad III:</i> la vivienda presenta materiales poco resistentes y sólidos en techo y en pisos. <i>Calidad IV:</i> la vivienda presenta materiales de baja calidad en pisos y techos.	H_Calmat3y4
Material predominante de los pisos Tierra o ladrillo suelto y otros	H_Pisos3y4
Material de la cubierta exterior del techo Chapa de cartón, Caña, palma, tabla o paja con o sin barro y Otros	H_techo678
Dimensión: acceso a Servicios Públicos agua, saneamiento	

Indicador	Código asignado
Hogares Sin acceso a agua de red pública No acceso a la Red Pública (agua segura) incluye: Perforación con bomba a motor, Perforación con bomba manual, Pozo, Transporte por cisterna, Agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia	H_sinred
Hogares Sin desagüe del inodoro a red pública No disponibilidad de cloacas, incluye desagüe a: cámara séptica y pozo ciego, Sólo a pozo ciego, A hoyo, excavación en la tierra, etc.	H_sincloaca

Cuadro 1: Indicadores de Salud Ambiental

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Los materiales para alcanzar los objetivos propuestos involucran las siguientes fuentes de información:

- Base espacial georreferenciada las áreas que son objeto de estudio y que han sido proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC).
- Base de estadísticas del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, INDEC, 2010, procesamiento de datos basado en Redatam+SP.

En cuanto a las etapas metodológicas que llevamos adelante para alcanzar los propósitos enunciados se pueden sintetizar del siguiente modo:

- **Etapa 1:** Procesamiento de las variables que conforman las dimensiones indicadas en el apartado anterior. Esta fase permitió obtener los valores absolutos y los indicadores simples de cada una de ellas a la vez que apreciar el comportamiento de las mismas a través de un análisis exploratorio de los datos.

- **Etapa 2:** Estandarización de los valores de los indicadores. En efecto, si bien todos los indicadores contribuyen a generar externalidades negativas, en su interior presentan importantes diferencias, por ello luego de generar los valores relativos los mismos fueron estandarizados considerando que la utilidad 0 es concordante con el valor menos desfavorable [o más favorable] al evento que se analiza, mientras que el valor 1 representa el valor menos favorable [o más desfavorable]. Así un radio censal que tenga el 100% de hogares sin acceso a agua por red obtendrá el mayor valor estandarizado, es decir 1. Esta estandarización se logró a partir de la siguiente notación: →

$$Ut = 1 - \left\{ \frac{X_{\min} - X}{X_{\min} - X_{\max}} \right\}$$

- **Etapa 3:** En esta etapa se definió, para cada dimensión y luego para cada indicador, la ponderación o peso dentro del modelo de utilidad. En la tabla que sigue se muestra el modelo de utilidad multiatributo (MAUT) empleado.

DIMENSION E INDICADOR	PONDERACION
Dimensión: condiciones de la vivienda, instalaciones y habitabilidad	0,60
H_INDHAC5y6	0,20
H_Calmat3y4	0,20
H_Pisos3y4	0,10
H_techo678	0,10
Dimensión: acceso a Servicios Públicos agua, saneamiento	0,40

DIMENSION E INDICADOR	PONDERACION
H_sinred	0,20
H_sincloaca	0,20

Cuadro 2: Ponderación de los Indicadores de Salud Ambiental

- **Etapa 4:** La estandarización de los indicadores, la obtención de la utilidad y la ponderación de la utilidad por el valor elegido permitió a través de una función aditiva permitió llegar al ISA. Finalmente se identificaron los territorios y los colectivos poblacionales más comprometidos que deberían ser considerados como prioritarios en una eventual asignación de recursos proveniente de políticas públicas.

4. RESULTADOS

Si bien los resultados son múltiples vamos a dividirlos en dos secciones, en una primera mostraremos las estadísticas que describen la situación y la cartografía que permite conocer los territorios más expuestos y en una segunda sección daremos cuenta de los colectivos poblacionales que se encuentran en una situación menos ventajosa.

4.1.- Descripción estadística y espacial del ISA en el AMGR y en Corrientes

De acuerdo con el procedimiento desarrollado el valor máximo del ISA puede alcanzar el valor de 1, esto surge luego de obtener las utilidades de cada variable y ponderarlas por aquel valor que hemos asignado en el cuadro 2. Así en el gráfico 1 se puede apreciar que el valor mínimo en ambos conglomerados es 0, el valor promedio es mayor en el AMGR, cercano a 0,2, mientras que en Corrientes apenas supera el 0,1, esto daría cuenta de una aparente mejor situación en esta segunda ciudad. La amplitud de la caja del diagrama estaría mostrando una mayor dispersión en el AMGR, sin embargo la aparición de valores atípicos (*outliers*) en Corrientes nos permite señalar que existen sectores con valores muy alejados de los valores típicos del conjunto dando cuenta de su situación más crítica en esas áreas.

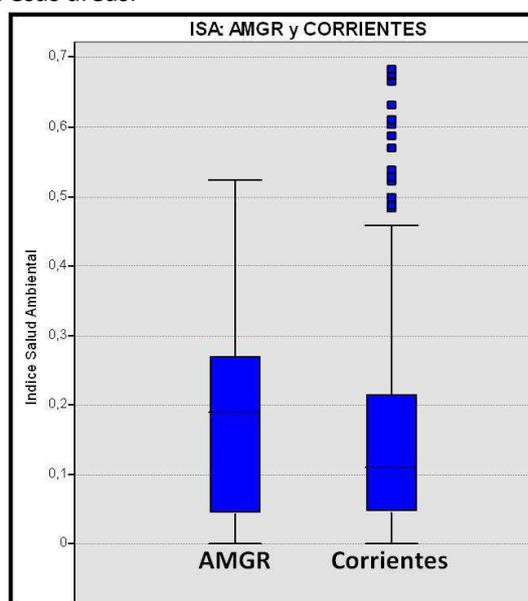
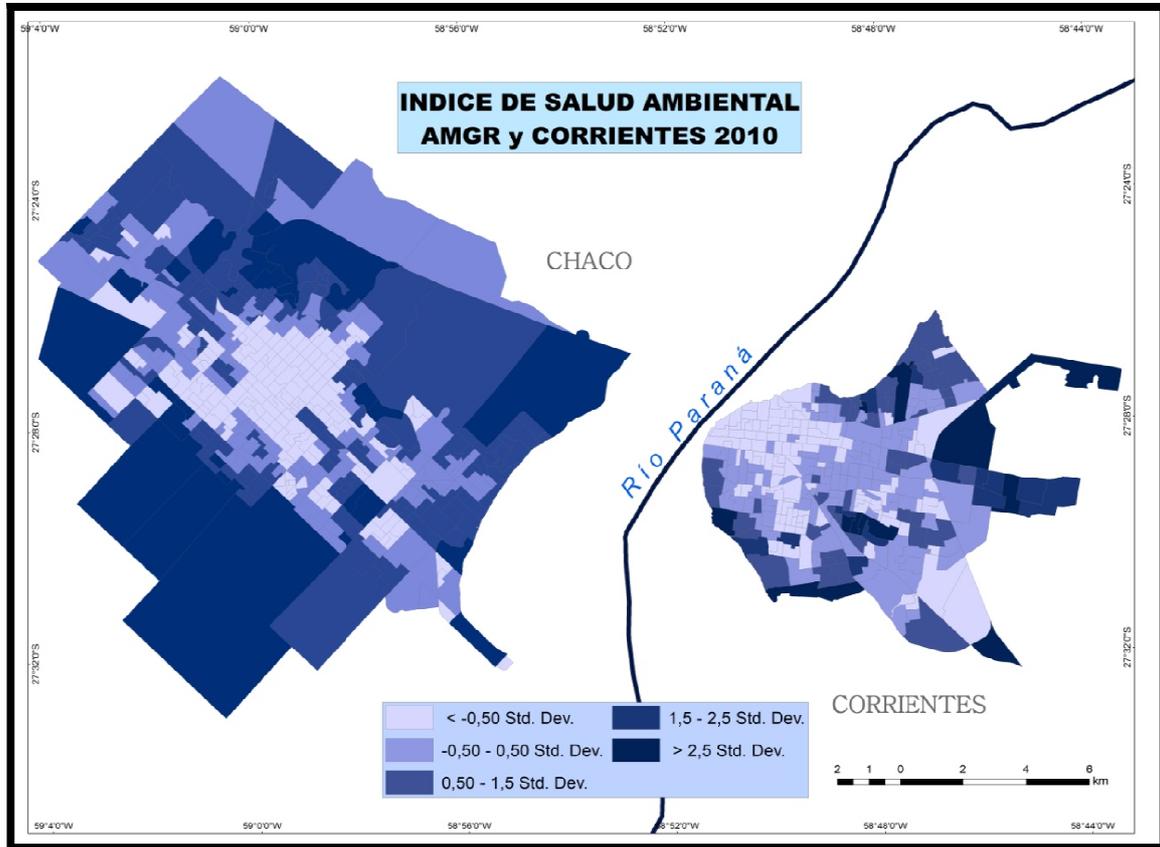


Gráfico 1. Estadísticos descriptivos del ISA.

Respecto de la distribución del ISA y la localización de aquellos espacios más comprometidos el mapa 2 nos ayuda a describir esta situación. En el caso del AMGR el patrón de distribución

muestra un reparto que no deja de semejarse a las coronas de expansión o crecimiento urbano, un centro en mejores condiciones y una periferia más comprometida. En cuanto a los valores máximos que se alcanzan éstos se corresponden al intervalo que comprende a 1,5 a 2,5 desviaciones de la media es decir entre 0,37 y 0,52 como valores más extremos.



Mapa 2: Distribución del ISA, 2010. Elaboración propia.

La distribución en la ciudad de Corrientes también se corresponde con la expansión urbana que ha experimentado, el sector menos crítico se encuentra en el extremo noroeste coincidente con el área portuaria y más antigua de la ciudad; hacia el sur y noreste nos encontramos con las áreas que obtienen un ISA más elevado. A diferencia del AMGR en Corrientes los valores más extremos que se registran se ubican en la categoría que contiene más de 2,5 veces el valor medio es decir entre 0,52 y 0,68 valores de ISA. Tal como se había señalado al describir el gráfico de caja, éstos son los valores atípicos respecto del conjunto.

4.2.- Los colectivos poblacionales más comprometidos

En una primera mirada sobre la población que reside en los radios censales según cada una de las categorías en la que hemos dividido el territorio a partir del ISA obtenido, podemos apreciar las diferencias en ambos conglomerados. En efecto, los gráficos 2 y 3 que representan estos datos, nos permiten reforzar la idea ya expresada de que en Corrientes la variabilidad es mayor, los dos primeros grupos (condiciones más favorables) reúnen una mayor cantidad de población si los comparamos con el AMGR, 75% y 62% respectivamente; sin embargo al observar las categorías más críticas, en el AMGR no se distinguen radios censales en la última clase (más de 2,5 veces la desviación), mientras que en Corrientes, esta última categoría, que contiene a los ya citados radios con valores atípicos, reúne el 4% de la población.

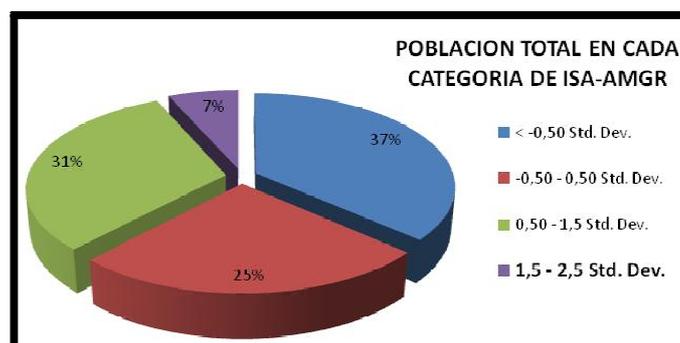


Gráfico 2: Distribución de población según categoría de ISA - AMGR.

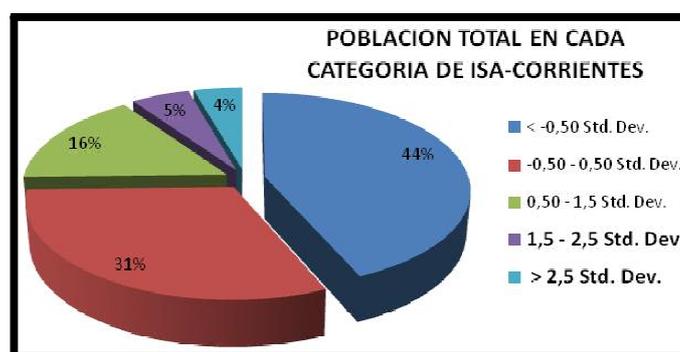


Gráfico 3: Distribución de población según categoría de ISA- Corrientes.

Con el propósito de conocer la cantidad de habitantes que se encuentran en situación de mayor vulnerabilidad al considerar el ISA obtenido, hemos definido cuántas personas se encuentran residiendo en aquellos radios censales que obtuvieron valores de ISA por sobre 1,5 desviaciones de la media.

En el AMGR son 30 radios censales los que se ubican entre 1,5 y 2,5 veces la media, sin superar este último valor. Estas unidades espaciales (que pueden ser visualizadas en el mapa 2) contienen el 7,49% de la población y el 7,06% de los hogares. En términos absolutos podemos decir que cerca de 29.000 personas se encuentran en condiciones críticas respecto del acceso al agua segura, de la eliminación de las excretas a través de cloacas, de las características habitacionales de su vivienda (calmat, piso y techo) sumado a la condición de hacinamiento que sobrellevan (ver cuadro 3).

	Valores Absolutos				Valores Porcentuales			
	Total Población	Hogares	Mujeres	Varones	Total Población	Hogares	Mujeres	Varones
AMGR entre 1,5 y 2,5 veces la media	28889	7671	14459	14430	7,49	7,06	7,23	7,76
Corrientes entre 1,5 y 2,5 veces la media y más de 2,5 veces la media	35404	8364	17927	17477	10,36	8,99	10,03	10,72

Cuadro 3: Población (total, mujeres y varones) y hogares con mayor nivel de ISA.

Según nuestro análisis la ciudad de Corrientes presenta una situación más comprometida ya que como hemos visto las situaciones extremas superan 2,5 veces la media del ISA. Si bien la

cantidad de radios censales en esta situación son 25 (menos que en el AMGR) en ellos reside más del 10% de la población que en términos absolutos son más de 35000 habitantes y casi el 9% de los hogares (ver cuadro 3).

5. COMETARIOS AL FINAL

No desconocemos las críticas que desde su génesis ha tenido la Geografía Cuantitativa, por ejemplo: se ha reprochado su alejamiento de la realidad y una pérdida de ciertos aspectos positivos de concepto y de método que caracterizaban a la Geografía; se ha criticado su falta de eficacia para resolver los problemas del espacio; se la ha reprendido porque su uso implicó pérdida del valor de la Geografía en el campo pedagógico; se le han cuestionado sus fríos modelos matemáticos y, entre otras cosas, también se ha dicho que su uso implicó la desaparición de los valores humanos en los estudios geográficos. Sin embargo las décadas han ido transcurriendo y ninguno de los paradigmas que sucedieron a la Geografía Cuantitativa pudo resolver todas estas y otras cuestiones que a ella se le endilgaban.

Creemos que la Geografía Cuantitativa y su poder de adaptación al trabajo con las Tecnologías de la Información Geográfica abrió un camino muy fértil para los estudios geográficos, una senda muy promisoriosa para el trabajo multidisciplinario que nos vincula con tantos otros profesionales que, en ocasiones, aprecian mucho más que nuestros propios pares, el valor del trabajo en esta línea. El convencimiento de la importancia y del valor del análisis cuantitativo de los datos y de la información geográfica que permiten, entre otras cosas, encontrar y visualizar los desequilibrios, las desigualdades y las inequidades territoriales tendrá que venir por propia experiencia. Nosotros estamos convencidos de que en un mundo en el que se estima que en 2020 se duplicará la información cada 73 días, los estudios geográficos cuantitativos que permiten alcanzar resultados concretos de una realidad tan compleja, seguirán siendo sustanciales.

6. BIBLIOGRAFIA

- Avila Mogollón, R. 2000. El AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras El caso de Brasil. Proyecto Regional Información sobre Tierras y Aguas para un Desarrollo Agrícola Sostenible (Proyecto Gcp / Rla / 126 / Jpn). Santiago de Chile, Chile.
- Barba-Romero, S. (1987). Panorámica actual de la decisión multicriterio discreta. *Investigaciones Económicas*, 11(2), 279-308.
- Barredo Cano, José (1996). Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio. Editorial RA-MA. Madrid, España. 264 páginas.
- Gosselin, Pierre *et al.* (2001). *Indicadores básicos de Salud pública ambiental propuestos para la región de la frontera México-Estados Unidos*. Grupo de Trabajo de Salud Ambiental del Programa Frontera XXI México-Estados Unidos.
- Hernández *et al.* 2005. LA focalización como estrategia de política pública. Secretaría de Desarrollo Social, Serie Documentos de Investigación. México.
- Hernández, J. y García M. 2002. "Multiattribute model in Management project on PyMES". En: *3er. Congreso Iberoamericano de Gerencia de Proyectos*. Caracas. Venezuela.
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad de España (1999). *Indicadores de Salud Ambiental: una propuesta de la Oficina Europea de la OMS para su región*. <http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/medioAmbiente/indAmbientales.htm>

- OCDE (1998): *Recommendation of the Council on Environmental Information* (Adopted by the Council at its 922nd Session on 3 April 1998). Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, París.
- Ramírez y Claret (2014a). Cómo medir la Salud Ambiental a partir de datos censales. Elaboración de índice y aplicación en el Área metropolitana del Gran Resistencia y Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco. En Actas del XXXIV Encuentro de Geohistoria Regional. Instituto de Investigaciones Geohistóricas, CONICET, septiembre de 2014.
- Ramírez y Claret (2014b). Determinación del Índice de salud ambiental para el Chaco y el AMGR. Exploración de patrones de comportamiento y conglomerados espaciales mediante SIG. En Actas del III Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica. Instituto del Conurbano. Universidad Nacional de General Sarmiento. General Sarmiento, Buenos Aires, septiembre de 2014. http://ciottig.estudiomanta.com/trabajos/M%C3%A9todos%20y%20T%C3%A9cnicas/33_Ramirez_Claret.pdf
- Ramírez y Claret (2014c). La Salud Ambiental medida a partir de datos censales. Una mirada sobre el Area Metropolitana del Gran Resistencia y Presidencia Roque Sáenz Peña. En: Geográfica Digital del Instituto de Geografía N° 21. Resistencia, Chaco. Enero-Junio 2014.