

II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras

Santa Fe, Argentina, 22 al 26 de septiembre de 2014

Construcción de un índice de riesgo hidrológico para el desarrollo de infraestructura social básica en Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Pablo G. Romanazzi¹, Marisa E. Espósito¹ y María G. Calvetty Ramos¹

¹Unidad de Investigación y Desarrollo en Hidrología, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), calle 47 Nro. 200, 1er. Piso, Of. 6. (1900) La Plata, Argentina

Mail de contacto: promanazzi@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

En el marco del proyecto de Regionalización de la Provincia de Buenos Aires cobra interés especial el estudio de los territorios con mayor aptitud para planificar nuevos desarrollos urbanos. La infraestructura social básica (redes de agua potable y cloacas, plantas de tratamiento y desagües pluviales) requiere de una identificación previa de fuentes seguras de disponibilidad de agua, reconocimiento de áreas inundables o de sectores con alta frecuencia de períodos de seca prolongados. Por sus características primarias, esta componente de la infraestructura no puede ser postergada hacia otros estados de avance de la planificación. La consideración de las regiones hidrogeológicas naturales y la información acerca de su sensibilidad o vulnerabilidad ambiental, sirvieron para elaborar un Índice de Riesgo Hidrológico Combinado (IRHC), valuado en una escala de 1 a 5. Como en todo índice, su construcción responde en parte a cierto grado de arbitrariedad o subjetividad que busca poner en evidencia algún factor preponderante ligado a los objetivos de su futura aplicación. Como producto final se elaboraron mapas de cruzamiento de las variables consideradas y se clasificaron las regiones naturales con el IRHC para orientar la configuración de nuevas organizaciones político-administrativas.

Palabras clave: Vulnerabilidad hídrica, riesgo hidrológico, infraestructura hídrica.

ABSTRACT

Under the Regionalization project being conducted by the Province of Buenos Aires is particularly interesting study of territories with greater ability to plan new urban developments. The basic social infrastructure associated with these businesses (potable water and sewage treatment plants and stormwater) requires prior identification of safe sources of water availability, recognition of flooded areas or areas with high frequency of dry periods long. By its primary features, this component of the infrastructure can't be postponed to other states advance planning as it can be feasible for other urban services. Considering the natural hydrogeological regions and information about environmental sensitivity or vulnerability, served to develop a combined hydrological risk index (IRHC), valued on a scale from 1 to 5. Like any index, its construction is in part a certain degree of arbitrariness or subjectivity that aims to highlight some major factor linked to the objectives of future implementation. The end product cross maps of the variables considered were developed and natural areas with IRHC qualified for guiding the configuration of new political and administrative organizations.

Keywords: Water vulnerability, hydrological risk, water mainframe.

1 INTRODUCCIÓN

En el año 2012 el Ministerio de Jefatura de Gabinete de Ministros de la Provincia de Buenos Aires firma un convenio de asistencia técnica con la Universidad de La Plata (UNLP), con el fin de solicitar al Laboratorio de Hidrología de la Facultad de Ingeniería de la UNLP la elaboración de un informe de “Evaluación de la INFRAESTRUCTURA SOCIAL BÁSICA en el marco de la Regionalización de la Provincia de Buenos Aires”.

Como parte del mencionado informe se elaboró el Índice de Riesgo Hidrológico Combinado (IRHC), que se detalla en el presente trabajo.

Dicho índice tuvo como objetivo destacar aquellas regiones con mejores combinaciones de aptitudes para disponer apropiadamente de los servicios esenciales como redes de agua potable y cloacas, plantas de tratamiento y desagües pluviales y a su vez se trató de no enmascarar los resultados incorporando sub-índices que reflejen con mucho peso las características del hacinamiento poblacional actual. Además, se buscó que la habilitación de futuras mejoras en el territorio quede reflejada en una disminución adecuada del índice de riesgo, sin necesidad de recálculos laboriosos.

2 METODOLOGÍA

A partir del trabajo González (2005), se propone la división del territorio bonaerense en regiones hidrogeológicas (Fig. 1), para cuya discretización se tuvieron en cuenta exclusivamente factores naturales, ya que las distorsiones introducidas por la actividad antrópica son variables en el tiempo y consecuentemente los límites atribuibles en cada momento.

Dentro de los condicionantes, los climáticos varían desde extremos sub-húmedo húmedos en el Noreste, con precipitaciones medias anuales mayores a 1000mm y excesos hídricos a semi-árido con lluvias medias de 370mm/año y déficit, en el Sur-Suroeste. Los geomorfológicos son básicos, especialmente en un ámbito donde prevalece la llanura y la relación de los fenómenos exógenos con el régimen subterráneo es sumamente estrecha. Los caracteres geológicos, fundamentales en lo que se refiere al medio físico, son asumidos desde el punto de vista hidrológico, con unidades acuíferas predominantemente en medio poroso, excepto reducidos ámbitos serranos con acuíferos fisurados. En la hidrodinámica subterránea prevalece la lentitud del flujo y la transferencia vertical de agua en la mayoría de las regiones, mientras que la hidroquímica muestra la existencia de distinto tipo de zonalidades y variable calidad.

Se llegan a reconocer y definir de esta manera once regiones hidrogeológicas (ver Fig. 1), algunas de ellas coincidentes con unidades hidrológicas superficiales y otras muy particulares, como el caso especial del ambiente de Bahía Blanca, con aguas termales, profundas, surgentes y de bajo tenor salino.

Partiendo de esta base se buscó generar un índice que refleje en conjunto situaciones cuatripartitas (disponibilidad/calidad – sequía/inundación) y cómo se relaciona ese indicador con las regiones hidrogeológicas del territorio bonaerense. Que el agua se presente en exceso o en defecto es una condición de borde extrema, pero las condiciones internas se ven más emparentadas con la contaminación y los distintos usos que se hace de ella.

Dicho índice fue construido con la base de las Regiones Hidrogeológicas propuestas y adaptadas del trabajo de González (2005), analizando los siguientes antecedentes:

- Inundaciones y sequías con las bases internacionales de registros de eventos extremos (CESAM 1970-2010)
- Las condiciones climáticas (isohietas e isotermas principalmente) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

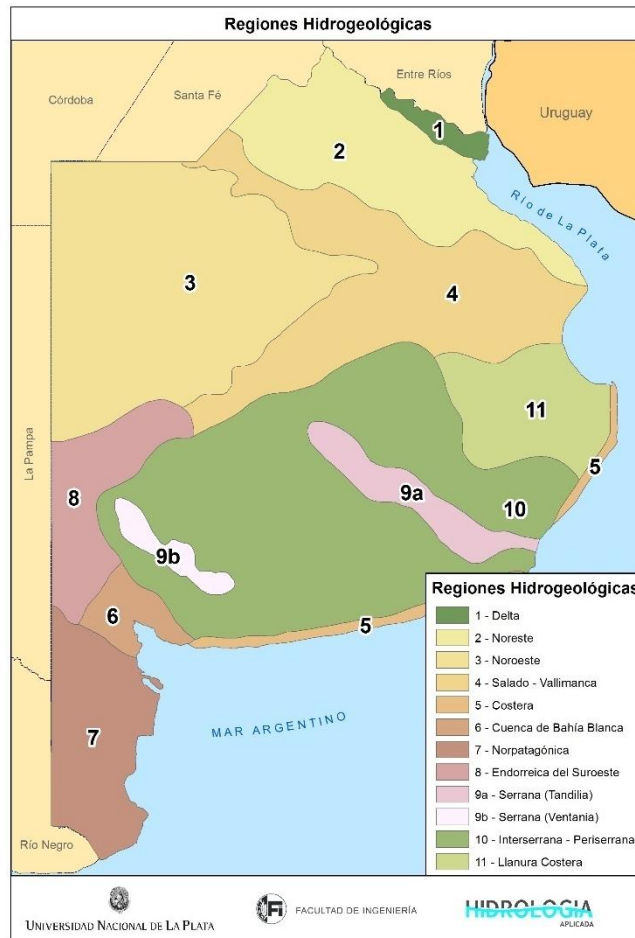


Figura 1- Mapa de regiones hidrogeológicas (González N., 2005 adaptado)

- Panorama ambiental de los recursos hídricos subterráneos de la Provincia de Buenos Aires (Hernández, M. A., 2005)
- Provisión de agua potable en la Provincia de Buenos Aires: contaminación en fuentes de origen con arsénico y flúor. Situación actual, riesgos asociados a la salud, alternativas tecnológicas y de gestión. (Porta, A., 2012)
- La sensibilidad o vulnerabilidad ambiental definida en el informe “Contribución al PET” (Plan Estratégico Territorial) del Dpto de Estudios Ambientales – MIVSP 2006.

Finalmente se seleccionaron tres grupos de condiciones que definieron el Índice de Riesgo Hidrológico Combinado (IRHC):

- 1- Un primer grupo o sub-índice proviene de considerar la relación entre las regiones hidrogeológicas (fuente subterránea es la más utilizada) y la sensibilidad o **vulnerabilidad ambiental** definida en el informe “Contribución al PET”. Tablas 1 y 4
- 2- Un segundo grupo o sub-índice conformado por la **disponibilidad**, cuán accesible es la extracción del agua potable, si las fuentes abarcan toda la región o está limitada a algún sector, o presenta alta concentración salina y la **fuentes de extracción**, de qué acuífero se extrae el agua "disponible". Analizando los trabajos de González, N. y Hernández, M.(2005). Tablas 2 y 5
- 3- Finalmente, un tercer grupo o sub-índice que relaciona el factor de **calidad del agua** disponible y **contaminación** natural y/o antrópica en base a los trabajos de Hernández, M.(2005) y Porta, A. (2012). Tablas 3 y 6

De acuerdo a la experiencia y criterio de los expertos que actuaron en el presente trabajo, la graduación en todos los casos se estableció de 1 a 5 con los valores mayores del índice indicando las situaciones más riesgosas. Así la expresión analítica del IRHC sería:

$$\text{IRHC} = \text{VA} \times 0,2 + \text{DA} \times 0,3 + \text{F.Ex.} \times 0,2 + \text{CA} \times 0,2 + \text{CO} \times 0,1 \quad (1)$$

donde: VA= Vulnerabilidad Ambiental; DA= Disponibilidad; F.Ex= Fuente de Extracción; CA= Calidad del agua; CO= Contaminación y los valores corresponden a las ponderaciones asignadas.

La asignación de las ponderaciones, tuvo como objetivo darle mayor peso a los sub-índices que se consideraron de mayor importancia a la hora de orientar la ubicación de nuevas organizaciones político-administrativas.

A continuación se detalla la construcción del IRHC:

1- SUBÍNDICE de Vulnerabilidad Ambiental (VA) (Tabla 1)

Se consideraron las características propias de cada sistema ambiental identificado en función de parámetros como la geomorfología, tipo de cuenca, clima, tipo y usos del suelo, áreas protegidas y calidad del recurso hídrico (superficial y subterráneo), se han identificado restricciones y limitantes más relevantes del sistema para establecer el grado de vulnerabilidad y sensibilidad del mismo, de modo de ser considerados ante futuras intervenciones, a fin de mantener un nivel aceptable de la estructura y función de los ecosistemas intervenidos o a intervenir. (Contribución al PET, 2006).

Tabla 1 - Descripción del subíndice de vulnerabilidad ambiental del IRHC.

Valoración ÍNDICE VA		Observación
Baja	1	Zona con vulnerabilidad baja
Media	2	Zona con vulnerabilidad media
Moderada	3	Zona con vulnerabilidad moderada
Alta	4	Zona con vulnerabilidad alta
Extrema	5	Zona muy Vulnerable (x zonas de sequías o inundables)

2- SUBÍNDICE Fuente de Provisión de agua (Tabla 2)

- **Disponibilidad (DA):** indica cuan accesible es la extracción del agua potable, si las fuentes abarcan toda la región o está limitada a algún sector, o presenta alta concentración salina. Con excepción de la CABA, algunos partidos ribereños y La Plata, que toman agua del Río de la Plata a fin de someterla a procesos de potabilización posteriores, el resto de la provincia de Buenos Aires utiliza acuíferos subterráneos como fuente de provisión de agua potable. En la pampa deprimida, parte de las regiones Noreste y Salado-Vallimanca (González, 2005), se ubica el acuífero Puelche de gran capacidad y calidad, aunque con marcadas evidencias de contaminación antrópica en las cercanías de áreas densamente pobladas. En la mayoría de las demás regiones hidrográficas, la disponibilidad y calidad es muy variable, fragmentada y en muchos casos insuficiente.

- **Fuente de Extracción F.Ex.:** expresa de que acuífero se extrae el agua "disponible": A.Fr: Acuífero Freático; A.Pa: Acuífero Pampeano; A.Pu: Acuífero Puelche; Fm Ombucta (Formación Ombucta: acuífero confinado); Lentas: lentes de agua dulce.

Tabla 2 -Descripción del subíndice de disponibilidad y fuente del IRHC.

Valoración ÍNDICE DA	
Disponible	1
Poco Disponible	3
No disponible	5

Valoración ÍNDICE F.Ex	
A.Fr + A.Pa + A.Pu	1
A.Fr + A.Pa (lentes de agua dulce)	2
A.Fr	3
A.Pu	4
Fm Ombucta o No disponible	5

3- SUBÍNDICE Calidad de las fuentes de agua potable (Tabla 3)

Se basó en la descripción de los siguientes antecedentes: Ambientes Hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires (González, N., 2005); Panorama ambiental de los recursos hídricos subterráneos de la Provincia de Buenos Aires (Hernández, M., 2005) y Provisión de agua potable en la Provincia de Buenos Aires: contaminación en fuentes de origen con arsénico y flúor. Situación actual, riesgos asociados a la salud, alternativas tecnológicas y de gestión. (Porta, A., 2012).

- **Calidad del agua (CA):** Hace referencia a la calidad del agua para uso humano, es “buena” si el agua es potable o apta para el consumo y “mala” si no lo es.
- **Contaminación (CO):** En algunas regiones, las fuentes subterráneas de agua potable presentan problemas de **contaminación endémicos** (naturales), tales como altos contenidos de arsénico (As), exceso o defecto de flúor (F).

En la Provincia de Buenos Aires se reconocen distintas regiones hidrológicas con propiedades específicas que favorecen o no la presencia de arsénico y flúor en el agua subterránea. Se observa que sólo el 20% del territorio provincial cuenta con agua subterránea con valores menores a 0,05 mg/L. (límite para aguas de bebida según Ley 11820, año 2004). Hay un consenso general entre los especialistas en que una de las causas asociadas a la sobre explotación de acuíferos es el incremento de la concentración de elementos que afectan a la salud, como arsénico y flúor.

Muchas zonas próximas a grandes aglomeraciones urbanas presentan claras evidencias de **contaminación antrópica** por la presencia en los acuíferos de concentraciones importantes de nitratos (NO₃) y bacterias indicadoras de contaminación fecal (coliformes, E. coli). Esto es una consecuencia directa de un mal manejo de las aguas residuales urbanas (domésticas, industriales y agropecuarias) vertidas sin tratamiento, el desarrollo de población periurbana sin servicio de cloacas, el uso de pozos absorbentes sin cámara séptica, los vertederos de residuos sólidos a cielo abierto y en cavas preexistentes. La actividad industrial (Hernández, 2005) muestra la máxima variedad de contaminantes, dependiendo del rubro de que se trate (hidrocarburos, solventes orgánicos, productos químicos ácidos o alcalinos, materia orgánica, grasas y aceites, fármacos, metales pesados, etc.).

Tabla 3 -Descripción del subíndice de calidad y contaminación del IRHC.

Valoración ÍNDICE CA	
Buena	1
Buena/Mala	3
Mala	5
Valoración ÍNDICE CO	
Contaminación antrópica	1
Contaminación antrópica y explotación excesiva	2
Contaminación antrópica y presencia de arsénico	3
Salinidad	4
Presencia arsénico y salinidad	5

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base al análisis de los trabajos citados previamente se asignó a cada región una valoración que surge de la combinación de lo consignado en las tablas del punto anterior.

1- SUBÍNDICE de Vulnerabilidad Ambiental (VA) (Tabla 4)

De acuerdo a la descripción del subíndice de Vulnerabilidad Ambiental detallado en la Tabla 1, se realizó la siguiente asignación de valores a cada región.

Tabla 4– Subíndice de vulnerabilidad ambiental del IRHC. Valoración asignada por región.

		VULNERABILIDAD AMBIENTAL	
#	REGIONES HIDROGEOLÓGICAS (Adaptado de GONZALEZ, 2005)	ÍNDICE VA	<i>Pond 0,2</i>
		Vulnerabilidad Ambiental	Valoración asignada
1	REGIÓN DELTA	Alta	4
2	REGIÓN NORESTE	Alta	4
3	REGIÓN NOROESTE	Extrema	5
4	REGIÓN SALADO-VALLIMANCA	Baja	1
5	REGIÓN COSTERA	Baja	1
6	REGIÓN CUENCA DE BAHIA BLANCA	Baja	1
7	REGIÓN NORPATAGONICA	Extrema	5
8	REGIÓN ENDORREICA DEL SUROESTE	Extrema	5
9a	REGIÓN SERRANA	Sistema Tandilia: Media	2
9b	REGIÓN SERRANA	Sistema Ventania: Extrema	5
10	REGIÓN INTERSERRANA - PERISERRANA	Baja	1
11	REGIÓN LLANURA COSTERA	Baja	1

2- SUBÍNDICE de Fuente de Provisión de agua (Tabla 5)

De acuerdo a la descripción del subíndice de Fuente de Provisión de agua potable, detallado en la Tabla 2, se realizó la siguiente asignación de valores a cada región. Este subíndice tiene una valoración en cuanto a la “disponibilidad del agua potable” y otra por la “fuente de extracción” (tipo de acuífero de donde se extrae el agua potable).

Tabla 5 - Subíndice de disponibilidad y fuente del IRHC. Valoración asignada por región

		DISPONIBILIDAD DEL AGUA POTABLE Y FUENTE DE EXTRACCIÓN			
#	REGIONES HIDROGEOLÓGICAS (Adaptado de GONZALEZ, 2005)	ÍNDICE DA	<i>Pond 0,3</i>	ÍNDICEF.Ex	<i>Pond 0,2</i>
		Disponibilidad	Valoración asignada	Fuente	Valoración asignada
1	REGIÓN DELTA	Disponible	1	A.Fr; A.Pa y A.Pu	1

2	REGIÓN NORESTE	Disponible	1	A.Fr; A.Pa y A.Pu	1
3	REGIÓN NOROESTE	Poco disponible	3	A.Fr y A. Pa: lentes	2
4	REGIÓN SALADO-VALLIMANCA	Disponible	1	A.Fr y A. Pa.	2
5	REGIÓN COSTERA	Poco disponible	3	A.Fr y A. Pa.	2
6	REGIÓN CUENCA DE BAHIA BLANCA	Poco disponible	3	FmOmbucta confinado	5
7	REGIÓN NORPATAGONICA	Poco Disponible	3	A.Fr: lentes	3
8	REGIÓN ENDORREICA DEL SUROESTE	Disponible	1	A.Fr	3
9a	REGIÓN SERRANA (Tandilia)	Poco Disponible	3	A.Fr	3
9b	REGIÓN SERRANA(Ventania)	Poco Disponible	3	A.Fr	3
10	REGIÓN INTERSERRANA - PERISERRANA	Disponible	1	A. Fr y A.Pa	2
11	REGIÓN LLANURA COSTERA	No Disponible	5	Agua subt importada o superf	5

3- SUBÍNDICE de Calidad de las fuentes de agua potable (Tabla 6)

De acuerdo a la descripción del subíndice de Calidad de las fuentes de agua potable, detallado en la Tabla 3, se realizó la siguiente asignación de valores a cada región. Este subíndice tiene una valoración por la "Calidad" del agua (si es potable o no) y otra valoración correspondiente al "tipo de contaminación" que presenta.

Tabla 6 - Subíndice de calidad y contaminación del IRHC. Valoración asignada por región

		CALIDAD DEL AGUA Y CONTAMINACIÓN			
#	REGIONES HIDROGEOLOGICAS (Adaptado de GONZALEZ, 2005)	ÍNDICE CA	<i>Pond 0,2</i>	ÍNDICE CO	<i>Pond 0,1</i>
		Calidad	Valoración asignada	Contaminación	Valoración asignada
1	REGIÓN DELTA	Buena	1	x Contaminación Antrópica	1
2	REGIÓN NORESTE	Mala	5	x Contaminación Antrópica y Explotación Excesiva	2
3	REGIÓN NOROESTE	Buena (lentes)El resto: Mala	3	x Arsénico y Salinidad	5
4	REGIÓN SALADO-VALLIMANCA	Mala	5	x Contaminación Ant. y Arsénico	3
5	REGIÓN COSTERA	Mala	5	x Contaminación Ant. y ExplotaciónExcesiva	2
6	REGIÓN CUENCA DE BAHIA BLANCA	Mala	5	x Contaminación Ant. y Arsénico	3

7	REGIÓN NORPATAGONICA	Buena (lentes)El resto: Mala	3	x Salinidad	4
8	REGIÓN ENDORREICA DEL SUROESTE	Buena (lentes)El resto: Mala	3	x Arsénico y Salinidad	5
9a	REGIÓN SERRANA (Tandilia)	Buena	1	x Contaminación Antrópica	1
9b	REGIÓN SERRANA (Ventania)	Buena	1	x Contaminación Antrópica	1
10	REGIÓN INTERSERRANA - PERISERRANA	Mala	5	x Contaminación Ant.	1
11	REGIÓN LLANURA COSTERA	Mala	5	x Salinidad	4

De la aplicación del índice para las regiones naturales elegidas en base a la fórmula (1), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7 - Índice IRHC por región hidrogeológica (elaboración propia).

#	Regiones Hidrogeológicas naturales	IRHC
1	REGIÓN DELTA	1,6
2	REGIÓN NORESTE	2,5
3	REGIÓN NOROESTE	3,4
4	REGIÓN SALADO-VALLIMANCA	2,2
5	REGIÓN COSTERA	2,7
6	REGIÓN CUENCA DE BAHÍA BLANCA	3,4
7	REGIÓN NORPATAGÓNICA	3,5
8	REGIÓN ENDORREICA DEL SUROESTE	3,0
9a	REGIÓN SERRANA (Tandilia)	2,2
9b	REGIÓN SERRANA (Ventania)	2,8
10	REGIÓN INTERSERRANA - PERISERRANA	2,0
11	REGIÓN LLANURA COSTERA	4,1

Se puede observar de la Tabla 7 y la Fig. 2, que las regiones naturales mayormente valuadas (con IRHC > 3) son las regiones que presentan menor disponibilidad de agua, además las regiones Llanura Costera, Noroeste, Cuenca de Bahía Blanca y Norpatagónica están influidas por la presencia de contaminación por arsénico y salinidad.

4 CONCLUSIONES

Por su construcción el IRHC orienta a la situación de base prescindiendo de las urbanizaciones y los efectos del hacinamiento. Busca, en definitiva establecer un contraste con otros índices al evaluar sólo situaciones ambientales de las regiones sin desarrollar, advirtiendo en forma temprana donde se encuentran las aptitudes y las dificultades. Es un indicador que entendemos reúne las condiciones para evaluar la integración con otras regiones y, en forma dinámica, acusar la influencia de proyectos de desarrollo de la Infraestructura Social Básica.

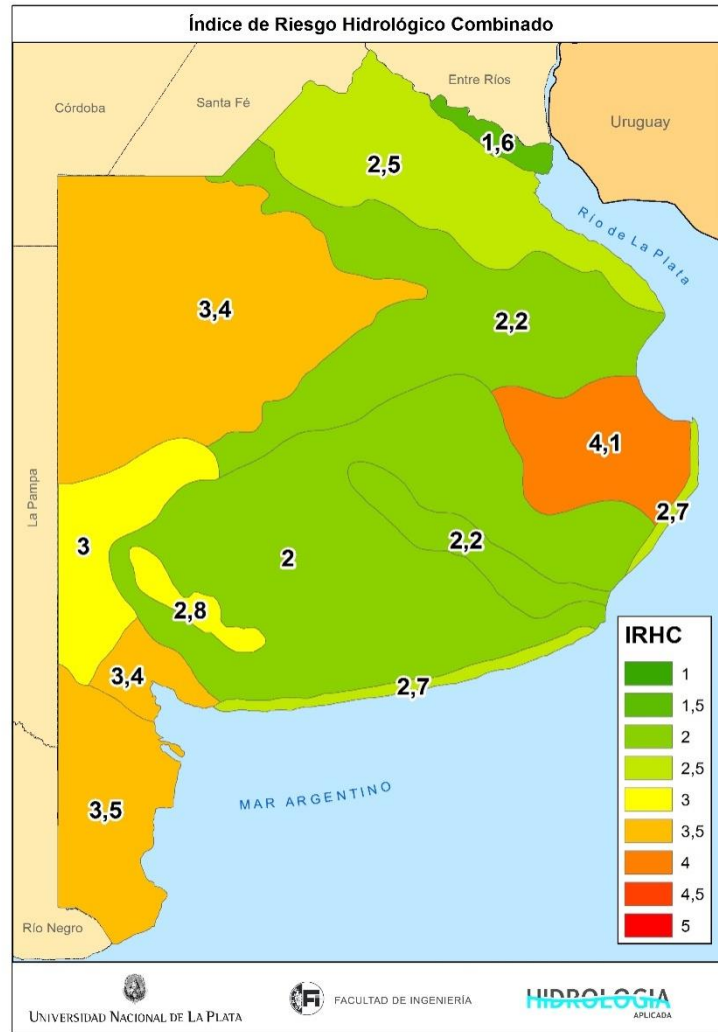


Figura 2 -Mapa del IRHC (elaboración propia)

Es posible observar la existencia de regiones con acuíferos disponibles como fuente de agua potable, debido a sus características geológicas, la capacidad de almacenamiento, mecanismo de recarga y el tiempo medio de permanencia del agua, presentan un alto grado de vulnerabilidad y deben de ser utilizados contemplando normas muy estrictas de protección y conservación. En muchas zonas se evidencian conflictos de intereses no resueltos en el uso del recurso agua. La mayoría de ellos están asociados a los requerimientos de abastecimiento de agua potable para la población frente a su uso para actividades productivas agropecuarias (riego). Esta circunstancia generalmente determinante, lleva a la sobreexplotación del recurso y a la pérdida de capacidad y calidad.

Si bien los ambientes hidrogeológicos están definidos a gran escala (González, 2005) en cada región deberían realizarse estudios de detalle para establecer las características particulares de los acuíferos en cada lugar y su potencialidad con fuente de provisión. Además en cada región sería imprescindible vigilar la calidad del recurso sobre la base del conocimiento previo de las fuentes y sus posibles problemas. Para ello se recomienda fortalecer los mecanismos de articulación entre los proveedores del servicio de agua potable, los comités de cuenca y las universidades regionales, aprovechando los recursos humanos y laboratorios disponibles para establecer sistemas de vigilancia e interconsulta permanente.

5 REFERENCIAS

- González, N. 2005. Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires, en Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. La Plata, Cap. XXII: 359-374 de Barrio, Echeverry, Caballé Llambías (Edit)
- Hernández, M. A., 2005. Panorama ambiental de los recursos hídricos subterráneos en la Provincia de Buenos Aires. Relatorio XV Congreso Geológico Argentino. La Plata.
- Ministerio de Infraestructura de la Prov. de BsAS, 2006. “Contribución al PET” (Plan Estratégico Territorial) del Dpto de Estudios Ambientales– MIVSP.
- Porta, A., 2012. Provisión de agua potable en la Provincia de Buenos Aires: contaminación en fuentes de origen con arsénico y flúor. Situación actual, riesgos asociados a la salud, alternativas tecnológicas y de gestión. Artículo 7.12 del Anexo del Informe técnico: Evaluación de la infraestructura social básica en el marco de la Regionalización de la provincia de Buenos Aires. Repositorio SEDICI. UNLP