

LA CUENCA DEL RÍO JÁCHAL COMO MOSAICO DE ECOSISTEMAS (SAN JUAN, ARGENTINA)

ELEMENTOS PARA SU ESTUDIO Y LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL QUE PRODUCEN ACTIVIDADES HUMANAS, EN PARTICULAR MEGAMINERÍA A CIELO ABIERTO

Por:

Dr. Prof. Raúl A. Montenegro, Biólogo

Profesor Titular de Biología Evolutiva en la Universidad Nacional de Córdoba
 Doctor *Honoris Causa* de la Universidad Nacional de San Luis

Profesor de Postgrado en Maestrías y Especializaciones de la Universidad de Buenos Aires (UBA), Universidad del Comahue, Universidad Nacional de Rosario, Universidad Nacional de Catamarca, Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de Mar del Plata, otras.

Guest Speaker, Universidad de Harvard, Universidad de Berkeley y Universidad de Georgetown (USA), Universidad de Estocolmo (Suecia), Universidad de Jena y Universidad de Ilmenau (Alemania), Universidad de Salzburgo (Austria), Universidad de Queen's (Canadá)

Profesor Invitado, University of Helsinki, Finlandia.

Fellow, *Universiti Sains Malaysia*, Right Livelihood College.

Presidente de FUNAM (Fundación para la defensa del ambiente)

Ex Director de la Maestría en Gestión Ambiental (UN del Nordeste).

Ex Director de la Maestría en Gestión Ambiental (UN San Luis).

Ex presidente de la Asociación Argentina de Ecología.

Ex vicepresidente de Greenpeace Argentina.

Premio Nóbel Alternativo 2004 (RLA-Estocolmo, Suecia)

Premio Global 500 de Naciones Unidas (UNEP-Bruselas, Bélgica)

Premio *Nuclear Free-Future* (Salzburgo, Austria)

Premio a la Investigación Científica (Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA)

Miembro del Consejo Asesor de la Delegación Córdoba del INADI

Miembro Directivo del Consejo del Instituto Superior del Ambiente (ISEA) de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).

Email 1: raulmontenegro@flash.com.ar Email2: montenegro@funam.org.ar

Teléfono fijo: 03543-422236 Teléfono Celular: 0351 155 125 637

Skype: raulmontenegro.ar

CÓRDOBA, ARGENTINA
 JULIO DE 2010

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN** *p. 4*
- 1.1. Los impactos de la megaminería a cielo abierto** *p. 4*
- 1.2. Impactos ambientales de la megaminería sobre los ecosistemas acuáticos** *p. 7*

- 2. EL MOSAICO DE ECOSISTEMAS NATURALES** *p. 9*
- 2.1. Provincia Biogeográfica Altoandina** *p. 9*
- 2.2. Provincia Biogeográfica Puneña** *p. 10*
- 2.3. Provincia Biogeográfica del Monte** *p. 11*

- 3. EL SISTEMA HÍDRICO DEL JÁCHAL** *p. 12*
- 3.1. Cuenca alta del río Blanco** *p. 15*
- 3.2. Cuenca del río de La Palca** *p. 16*
- 3.3. Cuenca baja del río Blanco (aguas abajo de la junta de La Palca)** *p. 16*

- 4. EL SISTEMA TERRESTRE DE LA CUENCA DEL JÁCHAL** *p. 18*

- 5. LA TRANSFORMACIÓN DEL MOSAICO DE AMBIENTES NATURALES. EL NUEVO MOSAICO** *p. 18*

- 6. LA ORGANIZACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS NATURALES, EN PARTICULAR DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS** *p. 20*

- 7. Estudios integrados de ambientes altamente complejos** *p. 22*
- 7.1. Introducción** *p. 22*
- 7.2. La población afectada por la actividad** *p. 22*
- 7.3. La necesidad de utilizar la noción de ecosistema en mosaico** *p. 23*
- 7.4. La necesidad de definir zonas ambientales con fines operativos** *p. 23*
- 7.5. La necesidad del estudio ambiental y social “marco”** *p. 24*
- 7.5.1. Variables ambientales de soporte** *p. 24*

7.5.2. Variables sociales y culturales *p. 25*

7.5.3. La necesidad de realizar estudios ambientales *p. 26*

7.5.4. La necesidad de realizar estudios epidemiológicos *p. 31*

7.5.5. La necesidad de tomar muestras biológicas para su análisis *p. 33*

8. Importancia de la noción de ecosistema para el abordaje de la cuenca del Jáchal *p. 33*

REFERENCIAS *p. 39*

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Los impactos de la megaminería a cielo abierto.

La explotación de oro, cobre y otros metales genera impactos sociales y ambientales de corto, mediano y largo plazo, en particular la megaminería a cielo abierto. Entre estos impactos podemos mencionar (ver Montenegro, 2003, 2009a, 2009b):

a) Alteración geomorfológica profunda, con cambios en la topografía y ruptura de la fisonomía superficial. Cuanto mayor sea la superficie de la concesión minera, mayor el área de impacto posible.

b) Destrucción irreversible de ambientes nativos en el área de explotación, y afectación de ambientes naturales próximos por eventual dispersión de partículas, derrames ácidos mineros, etc. Esto provoca una alteración en el pasaje de especies y genes, y fragmentación de ambientes que previamente mostraban una cierta continuidad. La minería agrava por lo tanto los efectos del "*Principio de Biogeografía de Islas de Wilson y Mac Arthur*" (MacArthur & Wilson, 1963, 1961; Spironello & Brooks, 2003; Strong & Rey, 1982). Cuanto más pequeños son los ambientes nativos, mayor su pérdida de biodiversidad (Montenegro, 1999; Rights Action, 2009). Debe tenerse en cuenta que la superficie de ambientes montañosos (Andes Occidentales en este caso), típicamente longitudinales, tienen en general menor superficie que los ambientes de llanura y son además relativamente estrechos (Montenegro, 2009a, 2009b).

c) Distorsión e incluso destrucción de cuencas hídricas superficiales y subterráneas. Eventualmente alteración de la regularidad hídrica (cantidad de agua disponible por año y por estación) y clara modificación de la calidad del agua. Los derrames ácidos mineros generan además nuevos modelos de calidad hídrica cuya distorsión continúa por décadas incluso después del cierre formal de la mina. Esto es particularmente grave en ambientes semiáridos donde la disponibilidad de agua es escasa, como San Juan.

Las minas ubicadas sobre ambientes con fuerte precipitación nival, como Pascua-Lama de Barrick Gold, en la provincia de San Juan, destruyen ambientes glaciares y ambientes periglaciales que son fundamentales para la alimentación de altas cuencas hídricas y para el mantenimiento de "reservas de agua sólida" que amortiguan el impacto de estaciones o años muy secos. Sus actividades también destruyen cubetas de recepción de nieve y agua, y facilitan procesos de derretimiento por dispersión de partículas que acumuladas sobre las superficies de hielo reducen su albedo e incrementan por lo tanto el derretimiento estival (Montenegro, 2009a, 2009b).

d) Elevado consumo de agua que reduce las reservas hídricas de las zonas utilizadas como fuente (aguas superficiales, aguas subterráneas).

e) Afectan negativamente la limnología de los cursos de agua superficiales. Esta alteración es consecuencia de las modificaciones geomorfológicas (con destrucción de cubetas), la distorsión de flujos hídricos superficiales y la contaminación. Es usual que las empresas mineras no efectúen estudios limnológicos "base" (anteriores a la explotación) ni designen especies indicadoras. Esto disminuye la posibilidad de detectar cambios de distinta magnitud en la biodiversidad normal de los cursos de agua.

f) Contaminación rutinaria y accidental del aire, del agua superficial y subterránea, del suelo y de la biota con residuos peligrosos generados en el área de explotación.

f.1) La contaminación del aire es producida por el uso de explosivos y el efecto del viento sobre materiales que pueden ser arrastrados (por ejemplo dispersión de arsénico, un "cancerígeno humano cierto" según la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, IARC). Los vehículos de las megaminerías consumen grandes volúmenes de gas-oil por año, cuya combustión descarga partículas en suspensión (en particular PM 10 y PM 2,5), óxidos de nitrógeno, aldehídos, hidrocarburos y metales pesados, entre otros contaminantes primarios. También se generarían contaminantes secundarios (por efecto del *smog* fotoquímico).

El aumento de la superficie de exposición del ambiente intervenido por la mina (incluidas las escombreras) aumenta la disponibilidad y liberación de sustancias tóxicas. Según los casos, estos contaminantes pueden ser transferidos al aire y al agua, superficial y subterránea.

f.2) Una de las transformaciones más notables que genera la minería de gran escala es el aumento de la superficie expuesta de minerales y la disponibilidad de complejos químicos que antes estaban retenidos en matrices rocosas. Éstos, a su vez, pueden combinarse además con los residuos de insumos químicos traídos desde fuera del sistema para las operaciones de extracción y procesamiento (cócteles de contaminantes, ver Montenegro (2004a, 2004b) y Montenegro & otros (2006). Una fuente importante de contaminación son los diques de cola, cuyos impactos pueden generarse superficialmente y a través del movimiento de aguas subterráneas.

f.3) El principal problema que generan las minas metálicas es la contaminación por drenajes ácidos. Los DMA provocan dos tipos de impacto general: movimientos de sustancias ácidas y solubilización de metales pesados, con lo cual aumenta su diversidad y concentración. Los contaminantes más esperables de los procesos de lixiviación son los sulfatos, hierro, cobre, aluminio, cadmio, zinc y manganeso (Factor & Mengiardi, 1999). También cobalto, cromo, níquel y plomo (Andalgalenses Autoconvocados, 2003) además de selenio, estroncio, estaño, boro y arsénico. Factor & Mengiardi ya detectaron en 1999, y en base a un programa de muestreo muy completo, claros indicadores de contaminación aguas debajo de Minera Alumbra Limited por ejemplo: *"después de dos años de minería en Alumbra [1999] las aguas superficiales y subterráneas muestran los primeros impactos de DAM por elevada concentración de sulfato, que disminuye a medida que las estaciones de monitoreo se alejan de la fuente. El agua subterránea parece estar afectada principalmente por infiltraciones del dique de cola, mientras que el agua superficial aparentemente recibe la contaminación por vertientes y agua subterránea contaminada"* (Factor & Mengiardi, 1999).

g) Generación de campos magnéticos y eléctricos en todo el tendido de la línea de alta tensión entre las estaciones generadoras y las instalaciones de las megaminerías. Debe tenerse que según Ahlbom & otros (2000) y Greenland & otros (2000) todo campo magnético igual o superior a 0,3-0,4 μT provoca un aumento de 1,7-2,0 veces en el riesgo de que los niños contraigan leucemia (Ebi, 2002; Terracini, 2002; Montenegro, 2002). Una excelente revisión de estos y otros trabajos fue recientemente publicada por Kristie L. Ebi como parte del trabajo *"Children's health and environment: a review of evidence"* (Ebi, 2002) que publicó la Organización Mundial de la Salud (editores: G. Tamburlini, O. S. Von Ehrenstein y R. Bertollini) (Tamburlini, Ehrenstein & Bertollini, 2002). Para reforzar lo antes dicho, transcribimos un párrafo del capítulo sobre "Cáncer" elaborado por B. Terracini (2002), y que forma parte del libro mencionado anteriormente:

"La asociación entre exposición a estos campos [electromagnéticos] con el cáncer de niños, particularmente leucemia, fue investigada en muchos países mediante el diseño

de estudios que usaban cohortes y casos-control. Dos recientes meta-análisis (Ahlbom & otros; 2000, Greenland y otros, 2000) de estudios de casos-control dedicados a la asociación entre campos extremadamente bajos y leucemia infantil estimaron un significativo aumento de los riesgos (riesgos relativos entre 1,7 y 2,0) para niños cuyas exposiciones medidas o estimadas eran superiores a 0,3-0,4 μ T. El IARC concluyó recientemente que la evidencia científica, en particular la evidencia relacionada con la leucemia infantil, sugiere que los campos electromagnéticos son posibles cancerígenos para los humanos, Categoría 2 B".

h) Accidentes durante el transporte de sustancias peligrosas y accidentes por derrames en el área de explotación.

i) Destrucción irreversible del paisaje y de la percepción ambiental del sitio afectado.

j) Generación de depósitos de residuos peligrosos cuyos contenidos se liberan durante plazos variables de tiempo pese al uso de geomembranas y de otros sistemas de contención, incluso décadas después de terminadas las operaciones.

k) Generación de procesos locales, regionales e incluso nacionales de "derrame" de recursos económicos en comunidades usualmente postergadas por los gobiernos, con lo cual se genera "Clientelismo de Empresa". Disminuye la libertad de expresión, y se facilita el ocultamiento de muertes laborales, accidentes y niveles de contaminación. La asociación empresa-gobiernos-proveedores agrava este proceso.

l) Las megaminerías generan cambios socio-culturales que no se mantienen en el tiempo, pues se trata de minería golondrina (son frecuentes vidas útiles de 30-40 años). Lamentablemente los procesos sociales y económicos de expansión relativa, que sólo benefician a sectores muy limitados, concluye con un agudo proceso de retracción al cerrarse las minas. Los pobladores de los sitios más afectados por la interacción entre trabajadores y sociedad local indican aumento de la prostitución.

m) Pérdida de control de las poblaciones locales en la protección y uso sustentable de sus territorios como resultado de las intervenciones mineras, situación que repite a escala lo ocurrido con los pueblos originarios en Argentina y el resto de América Latina. Ver los trabajos de Montenegro & Stephens (2006) y Napolitano & Montenegro (2007).

n) Las megaminerías suelen actuar como "punta de lanza" para otras actividades equivalentes, de la misma empresa, o bien de otras corporaciones afines, que sobre la base de una actividad ya en operación tienen facilitados sus procesos administrativos y la instalación misma. Entre los casos emblemáticos pueden mencionarse la dupla Veladero y Pascua-Lama de Barrick Gold (San Juan), o Alumbraera *Limited* de *Xstrata Copper*, *Goldcorp Inc.* y *Yamana Gold*, en operación, y Agua Rica de *Yamana Gold* (Catamarca). En general las grandes corporaciones acumulan derechos mineros que "ejecutan" cuando las condiciones económicas (externas) y político-sociales (internas) son favorables. Dos de los recursos más perversos de las corporaciones mineras son capacidad de espera, y capacidad económica para esperar. Su compleja trama de compras, ventas y fusiones les permite además, como efecto colateral, diluir o por lo menos confundir sus responsabilidades ante malas prácticas.

ñ) Contaminación rutinaria y accidental del agua superficial y subterránea, del suelo y de la biota con residuos peligrosos, fuera del área de explotación, como consecuencia de actividades rutinarias y accidentes durante el transporte por ruta de materia prima y combustibles, el transporte de pulpa de mineral por mineraloductos, y el transporte por tren de minerales.

o) Contaminación rutinaria y accidental del aire, del agua superficial y subterránea, del suelo y de la biota con residuos peligrosos fuera del área de explotación y fuera de la cuenca hídrica directamente afectada a partir de residuos producidos por plantas de tratamiento del mineral.

p) Impacto ambiental acumulado al sumarse las minas existentes en una región (caso Veladero) con yacimientos a punto de iniciar sus actividades (Pascua-Lama).

q) La falta de estudios epidemiológicos de morbilidad y mortalidad con anterioridad a la localización de las minas y la persistencia posterior de este vacío impiden conocer los impactos que pudieran haber provocado en la salud de personas expuestas.

r) Si bien existen en Argentina normas de nivel nacional, provinciales y municipales sobre evaluación de impacto ambiental, las empresas mineras no unifican la totalidad de sus componentes en una única presentación. Al diversificar sus presentaciones de Estudio de Impacto Ambiental (EIs) las corporaciones complican las evaluaciones administrativas (EIs).

1.2. Impactos ambientales de la megaminería sobre los ecosistemas acuáticos.

Los ríos no son solamente masas de agua que se mueven desde zonas de mayor altura hacia zonas de menor altura. Son ecosistemas acuáticos lóticos o de aguas en movimiento que pueden tener ecosistemas leníticos o de aguas lentas en algunos sectores del recorrido (lagos naturales y artificiales por ejemplo), ambos estrechamente asociados a los ecosistemas terrestres que ocupan (diversidad de ecosistemas).

En todos estos ecosistemas existen diferentes combinaciones de especies (diversidad de especies), cada una de ellas con poblaciones ("N") compuestas por "n" cantidad de individuos (diversidad genética y fenotípica). Viven asociadas a distintas combinaciones de los "soportes" suelo, agua y atmósfera.

Arbitrariamente se define el territorio donde se desarrollan los ríos (ecosistemas lóticos) y los lagos y lagunas (ecosistemas leníticos o leníticos) como "cuenca hídrica", esto es, la zona total de alimentación, la zona por la cual discurre (ríos) o se mantiene el sistema (lagos, lagunas), y la zona de derrame final. En esa cuenca arbitraria existen ambientes terrestres y acuáticos –también de límites arbitrarios- que se relacionan entre sí. Conforman un "mosaico" de ambientes cada uno de los cuales sufre cambios estacionales más o menos dramáticos.

Los ecosistemas naturales (aquellos no intervenidos antrópicamente, o con intervención de bajo impacto) tienen límites arbitrarios que se establecen para facilitar su estudio. Entre ellos se encuentran zonas de borde o ecotonos donde se entremezclan sus caracteres (especies, aguas, suelos, etc.). Hay por ejemplo ecotonos entre dos ambientes terrestres, o entre un ambiente terrestre y uno acuático líquido (río), o entre dos ambientes acuáticos (por ejemplo río-lago). Cada uno de ellos tiene su propia biodiversidad con su respectiva biomasa, modelo de distribución geográfica, variaciones estacionales y variaciones plurianuales. No debe confundirse "suelo" con ecosistema terrestre, ni el agua de un río con un ecosistema acuático.

En el caso particular de los ríos y arroyos y en general de los humedales es frecuente que se los analice en forma sesgada, esto es, considerando por ejemplo sus caudales (ríos), volúmenes (lagos) y variables físico-químicas, pero ignorando deliberadamente su biodiversidad y la "ecología" acuática (limnología en el caso de ambientes de agua

dulce), es decir, las relaciones de sus especies y poblaciones con el ambiente. Peor aún, los ríos, arroyos y vegas –por ejemplo- se abordan como unidades aisladas cuando mantienen en realidad una compleja red de interacciones con los ecosistemas terrestres próximos. Este aislamiento relativo sólo es válido como método de estudio.

La cuenca del río Jáchal es por lo tanto un sistema complejo donde interactúan espacios discretos –artificialmente designados- cada uno de ellos con su propia organización ecológica. Entre esos espacios existe un complejo y variable intercambio de genes, especies y componentes abióticas (“matrices” como suelo, agua y aire, sustancias químicas, etc.). Para comprender el funcionamiento total, predecir sus mecanismos de funcionamiento y facilitar la gestión y conservación, es indispensable abordar el sistema y no solamente una de sus partes. Cuando en hidrología se introdujo la noción de “caudal ecológico” (Q_e) fue precisamente para marcar la necesidad de no considerar a los ríos solamente como matrices de agua, sino como ecosistemas. Cada ecosistema acuático está asociado a un cierto caudal “Q”, pero también a otras variables bióticas y abióticas de su propio universo, y de los ecosistemas con los cuales se relaciona.

Estas interacciones en un mosaico de ambientes extremos, sobre todo en las porciones Altoandinas, son particularmente frágiles. A los ecosistemas acuáticos del sistema Jáchal lo amenazan el sobrecalentamiento de la atmósfera por exceso de efecto invernadero (que reduce las masas de hielo glaciares y periglaciales), el cambio climático global, la alteración geomorfológica, la contaminación antropogénica de las subcuencas (combinada con fenómenos naturales de contaminación), y la merma de la biodiversidad. Considerar sus partes como universos aislados y sin interacción tiene graves consecuencias prácticas.

Debe tenerse en cuenta que las zonas montañosas y muy particularmente los ambientes Altoandinos y Puneños actúan como “fábricas naturales” de agua sólida, agua líquida, suelos, biodiversidad y estabilidad, y que su fragilidad es extrema.

Un concepto sumamente importante es el de “resistencia ambiental” o “resistencia ecológica” (R_a).

Cuanto mayor superficie y volumen de ecosistema balanceado o natural tenga una región –ver abajo- mayor será su capacidad para resistir disturbios naturales como sequías, fuego e inundaciones de sus ecosistemas terrestres, o modificaciones de caudal y temperatura en sus ecosistemas acuáticos.

Esta mayor resistencia ambiental les permite adaptarse y auto reconstruir más fácilmente su organización ecológica cuando ocurren grandes interrupciones en los flujos de genes y especies de ecosistemas típicamente longitudinales como el Altoandino o el Puneño.

2. EL MOSAICO DE ECOSISTEMAS NATURALES.

Los “ecosistemas balanceados” o “naturales” son *ecosistemas base* con baja intervención antrópica. En los ecosistemas balanceados la biodiversidad es alta en comparación con ambientes intervenidos, tienen una mayor capacidad de auto regulación y auto mantenimiento, y su cociente entre la producción primaria “P” (energía de origen fotosintético) y la respiración “R” (energía residual de bajo orden) tiende a 1. Esto implica que el ecosistema considerado gasta “*in situ*” la mayor parte de la energía solar efectivamente captada.

En la zona que cubre la cuenca del río Jáchal coexisten tres ambientes principales y sus respectivas zonas de borde (ecotonos). Tomando como base el concepto de Provincias Biogeográficas de Cabrera & Willink (1980) existen en esa amplia región, que tiene unos 30.000 Km² de superficie, la Provincia Altoandina, la Provincia Puneña y la Provincia del Monte.

2.1. Provincia Biogeográfica Altoandina.

En la zona de la cuenca del Jáchal la Provincia Altoandina se ubica por encima de los 3.000 msnm. El clima es frío todo el año, y con características muy hostiles durante el invierno. Las precipitaciones se materializan en forma sólida (nieve, granizo). La temperatura presenta grandes oscilaciones diarias y poca variabilidad estacional, los vientos son variables y fuertes (Cabrera & Willink, 1980), y la radiación Solar es particularmente intensa (mayor ingreso de radiación infrarroja, visible y ultravioleta). Los sitios cubiertos de hielo tienen un alto albedo (reflejan la luz Solar) mientras que los ambientes rocosos, en particular los más oscuros, la absorben. En una secuencia de deterioro el derretimiento de glaciares y ambiente periglacial disminuye el albedo, aumenta consecuentemente la absorción de radiación termógena y se agrava el derretimiento de las masas de hielo remanentes.

Esta misma provincia biogeográfica se extiende desde Venezuela hasta Tierra del Fuego. Al Norte de América del Sur, en zonas tropicales, aparece por encima de los 4.200 msnm y llega hasta las nieves perpetuas. Fuera de San Juan, hacia el Sur, se encuentra por encima de los 2.000 msnm (Paralelo 40°) y en Tierra del Fuego a 500 msnm (Paralelo 54°) (Cabrera & Willink, 1980).

El Altoandino es un ecosistema longitudinal Norte-Sur bastante estrecho en comparación con otros ecosistemas terrestres. Es una “autopista” montañosa para especies y genotipos adaptados. Lamentablemente su ancho escaso favorece la aparición de zonas destruídas o “barreras” por efecto del cambio climático global y los crecientes procesos antropogénicos de degradación. La estrechez del ecosistema amplía por ejemplo el impacto de la megaminería. Tanto el sobrecalentamiento de la atmósfera como la creciente capacidad tecnológica para explotar ambientes altoandinos potencian sus efectos negativos por suma y sinergismo de impactos (derretimiento de glaciares y ambiente periglacial por mayor temperatura del aire, creación de barreras geomorfológicos que actúan por décadas, disminución antropogénica del albedo de las masas de hielo en un contexto de mayor efecto invernadero, etc.).

En la Provincia Biogeográfica Altoandina domina la vegetación herbácea de baja y media altura. Son características las gramíneas xerófilas y las dicotiledóneas rastreras o en cojín. Las hierbas más tiernas crecen al abrigo de las rocas o bajo las matas de los pastos donde quedan protegidas del viento y de los herbívoros. Posee numerosos géneros endémicos pertenecientes a las gramíneas, juncáceas, cariofiláceas,

ranunculáceas, crucíferáceas, malváceas, plantagináceas y compuestas (ver Cabrera & Willink, 1980).

También poseen arbustos, por ejemplo los pertenecientes a la familia Fabaceae con especies representativas del género *Adesmia*, entre ellas *A. pinifolia*, *A. oborata* y *A.*

uspallatensis. La provincia Altoandina presenta una cobertura promedio que varía entre 5 y 25% y una altura inferior a 30 cm (SMN, 2010).

Desde el punto de vista faunístico es difícil establecer diferencias entre las Provincias Biogeográficas Altoandina, Puneña y del Páramo (Cabrera & Willink, 1980). Pueden hallarse con relativa frecuencia pequeños mamíferos adaptados, en especial roedores, y especies de mayor tamaño (camélidos sudamericanos, zorro, félidos etc.). Según Dorst (1969) las aves de esta provincia biogeográfica tienen origen patagónico, boreal y autóctono (endemismos). Aunque la fauna de invertebrados es poco conocida, están bastante bien representados los artrópodos, entre ellos tardígrados, ácaros, arañas e insectos. Entre estos últimos se encuentran familias de estafilínidos, curculiónidos, tenebriónidos y carábidos además de dermápteros, algunos ortópteros ápteros o braquípteros y dípteros. Entre los himenópteros de mayor distribución puede citarse al género *Hypodynerus*. Son comunes además en la alta montaña los géneros de hormigas *Pogonomyrmex* y *Dorymyrmex*, dos Myrmicinae (Cabrera & Willink, 1980).

Pese a su riqueza biológica en microorganismos –por ejemplo bacterias y virus- este tipo de biodiversidad es habitualmente poco estudiado. Lo mismo puede decirse para las otras dos Provincias Biogeográficas, Puneña y del Monte.

2.2. Provincia Biogeográfica Puneña.

La Provincia Puneña se desarrolla entre los 2.500 y 3.000 msnm. Son extensos bolsones aparentemente llanos, separados por cadenas de montañas. A mayor altura entra en contacto con la Provincia Biogeográfica Altoandina, y a menor altura con la Provincia Biogeográfica del Monte. El clima de la Puna es seco y frío, con grandes contrastes de temperatura durante todo el año y lluvias solo estivales (noviembre-abril) que disminuyen de Norte a Sur y de Este a Oeste, desde cerca de 700 mm a menos de 50 mm. La temperatura media anual oscila entre 8,5 y 9,5 °C (Cabrera & Willink, 1980).

Según esos autores en la Provincia Biogeográfica Puneña domina la estepa arbustiva formada por matas de 40 a 150 cm de altura, entre las cuales el suelo está desnudo la mayor parte del año. Durante el verano, que es la estación lluviosa, aparecen numerosas especies anuales o que tienen órganos subterráneos perennes que nunca llegan a cubrir totalmente el suelo. También hay pastizales en suelos algo más húmedos (Cabrera & Willink, 1980). La cobertura vegetal, promedio, es superior al 15 % (SMN, 2010).

Cabrera & Willink (1980) subrayan que pese a las notables variaciones climáticas de esta Provincia Biogeográfica “*la composición de la vegetación es bastante uniforme y muchas especies se hallan en toda la Provincia. Hay, sí, un paulatino empobrecimiento de las comunidades a medida que el clima se hace más seco. Las laderas secas suelen estar desprovistas de vegetación conspicua*”.

Entre las especies características de estos ambientes secos se encuentra la chijua (*Baccharis boliviensis*), un arbusto de la familia de las compuestas, con hojas lineales. Se desarrollan además estepas de tolilla (*Fabiana densa*), añagua (*Adesmia horridiscula*), rica rica (*Acantholipia hastulata*), suriyanta (*Nardophyllum armatum*) y otras especies arbustivas (Cabrera & Willink, 1980). Ambos autores indican que son

endémicos de esta provincia los géneros *Parastrephia*, *Lampaya*, *Chersodoma*, *Eustephiopsis*, *Anthobryum*, *Oreocereus*, *Chilotrichiopsis*, *Lophopappus*, *Urmenetea*, etc.

Al describir la fauna de esta Provincia Biogeográfica indican que está caracterizada “por una serie de endemismos. Los mamíferos están representados por los camélidos sudamericanos, como la vicuña (*Vicugna*) [cuya distribución en la década de 1980 coincidía con los límites de la Provincia Biogeográfica], el guanaco (*Lama guanicoe*), de amplia distribución, y la llama (*Lama glama*), domesticada. También se encuentra la taruca o gama (*Hippocamelus antisensis*, *Odocoileus virginianus*). Entre los carnívoros se encuentra algún zorro (*Dusicyon*), el puma (*Puma concolor*), el gato de los pajonales (*Felis colocolo*), el gato linco (*F. jacobita*), un zorrino (*Conepatus rex*) y un hurón (*Galictis cuja*). Los roedores son los animales más numerosos y característicos, y alrededor de la mitad de sus especies son endémicas (Hershkovitz, 1969). Podemos mencionar un cricétido (*Punemys lemminus*), chinchillas (*Chinchilla*), chinchillones (*Lagidium*), varias especies de ratas y ratones de campo, la rata andina (*Andynomis*) y *Akodon*, *Phyllotis*, *Chinchillula*, *Galenomys*, *Neotomys*, *Calomys*, cuises (*Galea* y *Microcavia*), tuco-tucos (*Ctenomys*), rata chinchilla (*Abrocoma*). También son comunes varios murciélagos (*Histiotus*, *Eptesicus*) y un armadillo (*Chaetophractus*)” (Cabrera & Willink, 1980).

La biodiversidad de aves es importante y se encuentran algunos batracios típicos como el género *Telmatobius*, una ranita (*Hyla raddiana*) y una subespecie de *Bufo spinulosus* (Cabrera & Willink, 1980).

Los invertebrados siguen siendo uno de los grupos menos estudiados. Cabrera & Willink (1980) mencionan entre los coleópteros a los géneros *Listroderus*, *Puranius* y *Scotoeburus*. Son típicos, según ambos autores, algunos tenebriónidos, carábidos, escarabeidos y curculiónidos. Entre las hormigas Kusnezov (1963) menciona *Pogonomyrmex longibarbis*, *Dorymyrmex joergenseni*, *Forelius andynus*, *Camponotus punctulatus*, *Elasmopheidole aberrans* y *Pheidole spinidodis*. Algunas avispas son comunes, como varias especies de *Trachysphyrus* y los géneros *Incodynereus* e *Hypodynerus* que tienen varias especies (Cabrera & Willink, 1980).

Las hormigas son importantes incorporadoras de materia orgánica al suelo, tanto en la Provincia Biogeográfica de la Puna como la del Monte (ver abajo). Se puede considerar que cumplen funciones similares a las desempeñadas por las lombrices (*Lumbricus*) en ambientes más húmedos.

2.3. Provincia Biogeográfica del Monte.

Dentro de la cuenca del río Jáchal esta Provincia Biogeográfica se encuentra a alturas que no suelen sobrepasar los 2.500 msnm. Interactúa con la Provincia Biogeográfica Puneña (sobre todo al Oeste). Su fisiografía es variada, con llanuras arenosas, bolsones, mesetas, laderas bajas de montañas y siempre un clima seco y cálido (ver Cabrera & Willink, 1980).

Cabrera & Willink indican que a pesar de la gran extensión de la Provincia Biogeográfica del Monte “tanto la fisonomía de la vegetación como la composición florística son bastante homogéneas. La formación dominante es el matorral, a veces muy abierto, donde predominan zigofiláceas de los géneros *Larrea*, *Bulnesia* y *Plectrocarpa*, como las jarillas (*Larrea divaricata*, *Larrea cuneifolia* y *Larrea nitida*), la rodajilla (*Plectrocarpa rogessi*), *Bulnesia schickendantzii* y otras; la matachana (*Cassia aphylla*), la brea (*Cercidium praecox*), la chilladora (*Chuquiraga erinacea*), el alpataco (*Prosopis alpataco*), el retamo (*Bulnesia retama*) y muchas otras especies arbustivas.

Hay varias especies herbáceas que aparecen después de las lluvias: Portulaca de llamativos colores, lirios y azucenas silvestres y algunos pastos” (Cabrera & Willink, 1980).

Agregan que las especies mencionadas se asocian en las formas más diversas (Morello, 1958, 1968), predominando unas u otras, pero por lo general está presente alguna de las especies de *Larrea*. Indican que “*por lo común forman matorrales de uno o dos metros de altura, pero en lugares muy expuestos y azotados por el viento, la vegetación se achaparra y no excede unos centímetros de altura, sin que cambie fundamentalmente la composición de la comunidad” (Cabrera & Willink, 1980).*

En cuanto a la fauna “*los mamíferos más característicos son la comadreja overa (Didelphys azarae) y el ratón de palo o achocaya (Marmosa pusilla) entre los marsupiales; algunos murciélagos (Histiotus, Myotis, Tadarida, Eumops); zorros (Dusicyon); hurones (Lyncodon y Galictis); zorrinos (Conepatus); un gato montés de las salinas (Felis geoffroyi salinarum), el yaguarundi (Felis yagouarundy), el gato de los pajonales (Felis colocolo) y el puma (Concolor concolor)”*. Los roedores son numerosos, con especies pertenecientes a los géneros *Lagidium*, *Microcavia*, *Ctenomys*, *Reithrodon*, *Phyllotis*, *Eunemys* etc.

La avifauna del Monte es rica y se conforma con elementos chaqueños a los que se agregan algunos patagónicos y endémicos (Olrog, 1963, 1968). Existen varias especies de reptiles de los géneros *Constrictor*, *Micrurus*, *Bothrops*, *Leiosaurus*, *Liolaemus*, *Tropidurus*, *Tupinambis*, *Homonota*, *Gymnodactylus*, *Geochelone* etc., y de batracios (géneros *Leptodactylus*, *Pleurodema*, *Bufo*). Los invertebrados abundan y muestran numerosas especies endémicas (Cabrera & Willink, 1980).

En las siguientes secciones analizaremos las partes arbitrariamente recortadas de este sistema natural complejo para luego recombinarlas, superponiendo las intervenciones que cambiaron los usos del suelo y generaron nuevas formas de relación entre las actividades humanas y la naturaleza.

3. EL SISTEMA HÍDRICO DEL JÁCHAL.

En el caso particular del río Jáchal, su cuenca parcial hasta Cuesta del Viento tiene una superficie de 23.000 km² (CIMOP, 2009) a 24.000 Km² (Sanindtec “ajustado”, 1950-1953) y una superficie total, aproximada, de 34.232 km² (Wikipedia, 2010). Su principal fuente de alimentación hídrica es la cordillera de los Andes, desde el macizo del monte Pissis al Norte (6.882 msnm) hasta la Cordillera de Olivares al Sur (6.266 msnm). El juego pluvial y de derretimiento de masas de hielo mantiene los colectores principales con agua permanente, aunque de caudal variable.

Dentro de esta cuenca están interrelacionados los ambientes terrestres (que cubren la mayor parte de la superficie) y los ambientes acuáticos marcadamente lineales. Existe además un complejo movimiento sub superficial de agua, usualmente invisible desde la superficie, que tiene sus propios patrones de relación con los ambientes terrestres que atraviesa.

Otra de las características de los ríos –ambientes lóticos o de agua en movimiento- es que a medida que descienden sus distintos brazos, y la altura a que se ubican los cauces, disminuye también la superficie del sistema. Los ambientes montañosos actúan como gigantescos embudos tridimensionales que concentran sus aportes de distinto origen geográfico en porciones territoriales más acotadas y de altura decreciente (la cuenca baja). En distintos sectores del sistema lótico se ubican masas

naturales de aguas quietas o ecosistemas lénticos naturales, que incluyen ambientes de lagunas y pantanos, y lénticos artificiales como diques (ver abajo).

En el caso del Jáchal este embudo está definido por un gran colector Norte-Sur, el río Blanco, que recibe los aportes hídricos, químicos y bióticos de sucesivos “embudos” menores, muchos de ellos predominantemente transversales (Oeste-Este). La línea de 69° de Longitud marca precisamente un sub-límite general de este embudo “mayor” (entre Cerro Guaschín al Norte y Sierra Negra al Sur). Un punto importante del sistema es el lugar de confluencia de los ríos de la Palca y Blanco. Desde Junta de la Palca el río corre por la depresión de Barreal-Rodeo e ingresa, 75 kilómetros aguas abajo, en una quebrada estrecha de la precordillera, en la zona denominada Cuesta del Viento. Al recibir el arroyo Iglesia o Colola pasa a denominarse Jáchal. Luego dobla al este hasta la ciudad de Jáchal recorriendo unos 40 Km (CIMOP, 2009).

El río Jáchal propiamente dicho recibe finalmente desde el Norte los aportes de un “sub embudo” menor procedente de Pampa del Chañar (Sierra La Batea) conectado a su vez con el sistema del río de Huaco-Uspíaco. En la travesía de Mogna el sistema superficial se pierde en el Bañado del Zanjón, en la localidad de Ampacama. De este bañado surgen dos brazos emisarios, el Zanjón Viejo y el Zanjón Nuevo que –ya fuera de la cuenca arbitraria- llegan, junto al Bermejo de La Rioja (= río Vinchina) al valle de Ampacama.

A partir de esta unión el río Bermejo sigue hacia el Sur, pasa por la antigua estación Bermejo del ferrocarril Belgrano (ramal de Serrezuela a San Juan) y termina en las lagunas de Guanacache o Huanacache en el triple límite que forman las provincias de San Juan, San Luis y Mendoza (Sucuenca del Sistema Desaguadero) (Mazza, 1961).

Mazza (1961) efectúa una interesante descripción del Jáchal basado en los estudios realizados por Sanindtec (1950-1953). *“Este río [el Jáchal] es el segundo en importancia de la provincia de San Juan y el límite Oeste de su región de influencia es la cordillera de los Andes, en un frente de 295 Km de desarrollo desde el paralelo 27° 37’ (en la provincia de Catamarca) hasta el 30° 47’ de Latitud Sur (en San Juan) y desde más arriba del cerro Gormaz hasta el cerro Olivares. El límite oriental lo forman las altas cumbres de las sierras de Punilla y el límite occidental de la [Subregión del Desaguadero] (Mazza, 1961) [68° 50’ y 70° 00’ de Longitud Oeste] (CIMOP, 2009).*

“Por el Sur, a partir del cerro Olivares, sigue por la cordillera de este nombre, continúa por los llanos del Leoncito, cerro Bola, Pampa de Tucunuco, sigue hacia el Sur de Mogna y termina en el valle de Ampacama, donde se junta con el Bermejo” (Mazza, 1961).

“Encierra 28.000 km² [de superficie, ver arriba] y una población [1961] de 29.000 habitantes, comprendiendo una pequeña porción del departamento de Tinogasta (Catamarca), los de General Sarmiento y General Lamadrid, de La Rioja, y los de Jáchal, Iglesia y la mitad del de Ullún en la provincia de San Juan. La densidad de esta región [1961] es, en promedio, de un habitante por kilómetro cuadrado, muy baja, debido a la considerable extensión montañosa que la cubre” (Mazza, 1961).

“El río nace con el nombre de Salado, que corre hacia el Sur, desde una altura de 5.500 msnm entre las altas cumbres de Los Andes (Portezuelo de La Lagunilla) y el cerro Veladero, desde donde cae el río Blanco, que se le junta por la izquierda. Más abajo recibe al río Podrido o Blanco, conjuntamente con el de Macho Muerto” (Mazza, 1961).

Otra fuente considera que nace en el flanco Sur del cerro El Potro, a 5.879 msnm; luego se dirige al Este, donde durante 20-30 km conforma el límite entre las provincias de La Rioja y San Juan, y luego de una breve incursión en La Rioja, donde recibe al río Salado que viene desde el norte, ingresa a la provincia de San Juan (Wikipedia, 2010).

“Luego bordea la falda oriental del Cordón de La Brea, recibiendo al río de La Brea y, más abajo, al de Santa Rosa; por la margen derecha, pasa por el caserío de Jarilla, frente al cerro Colorado. Sigue hacia el Sur uniéndose al río San Guillermo para formar el río Jáchal. A partir de este punto corre entre la cordillera de Colangüil y la sierra de la Punilla. Cerca de Palca recibe al río de la Palca, formado por los ríos del Valle del Cura y de la Sal. El primero se integra con los aportes que bajan de los nevados de los cerros Vacas Heladas (5.530 msnm), de las Tórtolas (5.530 msnm) y de los Bañados (5.340 msnm) en plena cordillera andina. El río de la Sal, con su afluente de Las Taguas aporta los derrames de un extenso frente cordillerano. Debajo de Palca, el río sigue siempre al Sur recibiendo los arroyos de Tres Quebradas, Colangüil y Conconta, que bajan de las cordilleras homónimas del Oeste, y toda la vertiente occidental de las sierras de Volcán, Punilla y Jáchal. Pasa por Carrizalito, Malimán (de arriba y de abajo) y Angualasto, donde tuerce hacia el Este frente a Rodeo. [Allí] recibe al río de Iglesia o Colola, que pasa por Iglesia y Bella Vista. Desde esta confluencia entra en el Cañón de la Cuesta del Viento hasta Pachimoco, donde el Valle se abre en la localidad de Jáchal. Allí el río tuerce nuevamente al Sur, pasando por San Roque, Niquivil y cerca de Tucunuco, donde tuerce al Sudeste pasando por Huachipampa y la vieja localidad de Mogna” (ver arriba) (Mazza, 1961).

Desde sus nacientes hasta Rodeo el colector principal (no se contabilizan afluentes) recorre unos 300 Km.

Originalmente los ecosistemas terrestres y acuáticos respondían a la definición de ecosistemas balanceados, caracterizados por las máximas biodiversidades históricas propias de cada ambiente (anteriores a los procesos de degradación antrópica de gran escala). En cuanto a sus relaciones P/R (donde “P” es producción primaria de origen fotosintético) y “R” (respiración), los valores debieron ser próximos a 1. Este modelo sólo se conserva actualmente en los lugares menos intervenidos de las zonas altoandinas. Existen formas vivas en la totalidad de la cuenca, aunque su biodiversidad y biomasa disminuye a mayor altura. Considerar como “vida existente” sólo las formas visibles o conspicuas es un error. Aún las zonas glaciares de mayor altura tienen su propia biodiversidad adaptada.

Es interesante destacar la variabilidad extrema de sus ecosistemas terrestres con glaciares y ambiente periglacial, de los sistemas sin hielo y de los sistemas hídricos asociados. Los ríos incluyen desde segmentos de flujo continuo todo el año (sobre todo aguas abajo) hasta flujos discontinuos, con períodos sin circulación de agua superficial. Los caudales a su vez sufren variaciones extremas.

En Pachimoco, en la parte baja de la cuenca, los estudios realizados por Agua y Energía Eléctrica arrojaron un módulo de 9,80 m³/s, un máximo [medio diario] de 173 m³/s y un mínimo de 2,5 m³/s (Período de observación: 1921-1922 a 1927-1928 y 1936/1937 a 1960/1961; Período de evaluación: 1936/1937 a 1959/1960). Las determinaciones de caudales diarios para el río Las Trancas entre diciembre de 1950 y febrero de 1952 dio los siguientes valores: en el primer semestre de 1951, un promedio de 7,12 m³/s y para el segundo semestre de 1951 una media de 4,52 m³/s (Mazza, 1961).

Los registros para 59 años en la Estación Hidrométrica de Pachimoco (1921-1980) indican los siguientes valores:

Mes	m ³ /s
Enero	14,5
Febrero	11,9
Marzo	9,2
Abril	7,8
Mayo	7,5
Junio	6,5
Julio	5,8
Agosto	5,7
Septiembre	6,9
Octubre	8,7
Noviembre	10,6
Diciembre	12,3

Fuente: Wikipedia (2010)

Para todo el período de 59 años el valor mensual medio mínimo fue de 3 m³/s y el máximo de 114 m³/s. El módulo medio anual fue de 9 m³/s para una cuenca –hasta Pachimoco- de 25.500 km² (Wikipedia, 2010), similar al módulo del río Suquía en la provincia de Córdoba que solo tiene una cuenca de captación de 1.350 km² (Q = 9 m³/s) (Vázquez & otros, 1979). Esta relativa regularidad, con valores mayores en verano y menores en invierno, es mantenida por el extenso, complejo y variable sistema de aportes (donde los cambios son más dramáticos, ver arriba). Muestra, al mismo tiempo, una extrema fragilidad si se relaciona la gran superficie de la cuenca y el reducido valor Q.

En cuanto a calidad físico-química Tomaghelli y Rovira, de la Universidad Nacional de Cuyo, determinaron que el río de la Palca “*era portador de mayor cantidad de sulfatos que el Blanco, y que éste era el principal portador de cloruros*” y que la afluencia de los arroyos Santa Rosa, Huesos Quebrados, Cajón Chico de La Brea y Cajón Grande “*parecen resultar mejoradores de esa salinidad*”. En el informe de la exploración Palmero-Rovira se analiza la situación del río Jáchal “*formado por el de la Palca y Blanco*” y se indica que “*el primero es más caudaloso que el segundo y tiene agua clara, de sabor agradable e inmejorable calidad. El río Blanco es alimentado por el San Guillermo, el Santa Rosa, la Brea, Macho Muerto y otros que bajan del cerro El Potro y, finalmente, por el Salado, que viene desde Catamarca y La Rioja con gran cantidad de cloruro de sodio (1.026 ppm). En la época de la exploración el Salado representaba el 15% del caudal del Pachimoco*” (Mazza, 1961).

La Secretaría de Minería de la Nación en sus informes regionales (SMN, 2010) analizó el contenido de algunos materiales indicadores, para lo cual dividió el universo bajo análisis en tres segmentos: a) Cuenca alta del río Blanco (aguas arriba de la Junta de La Palca); b) Cuenca del río de La Palca (que incluye las subcuencas de los ríos de Las Taguas y del Valle del Cura) y c) Cuenca baja del río Blanco (aguas abajo de la junta de La Palca).

3.1. Cuenca alta del río Blanco.

Indican que su calidad está determinada principalmente por el contenido natural de boro y arsénico. Las altas concentraciones de estos parámetros se atribuyen a los aportes del río Salado, afluente norte del Blanco. Menciona valores de boro que

oscilan, para invierno y verano, de 1.800 µg/l (arriba de la junta de La Palca) hasta 4.100 µg/l (tramo superior del río Blanco). Para arsénico los valores estivales se aproximan a los niveles guía de la legislación vigente, pero en invierno alcanzan una concentración máxima de 120 µg/l.

3.2. Cuenca del río de La Palca.

a) En la subcuenca del río Las Taguas los valores de SO₄, SDT, B, As, Mn, Cu y Fe superan los niveles guía de la legislación vigente. Agregan que para el río de Las Taguas y sus afluentes se observa en general un aumento parcial de las concentraciones durante las campañas de invierno. En una de las estaciones, en el tramo superior del río de Las Taguas (J-27) estos parámetros están por encima de los niveles guía: arsénico 13 veces, boro 20 veces y SO₄ dos veces. SDT los supera levemente. Con respecto a Mn, Fe y Cu *“sus concentraciones superan ampliamente los niveles guía en los arroyos Potrerillo y Turbio, afluentes del río de Las Taguas. Aquí se evidencia particularmente el aporte de Mn al río de Las Taguas, el cual se encuentra sobre la norma en las estaciones ubicadas aguas abajo [de la explotación megaminera] de Barrick Gold”* (SMN, 2010). Las máximas concentraciones de Mn, Fe y Cu se registraron en el arroyo Turbio, cuyas aguas poseen un pH ácido que favorece la migración de estas sustancias (SMN, 2010).

Indican además que en las estaciones *“J-24 y J-23, aguas abajo del campamento de Barrick [Gold] es evidente la influencia de efluentes domésticos provenientes del campamento y de otras actividades, debido a la presencia de [bacterias] coliformes fecales e hidrocarburos* (SMN, 2010).

b) En la subcuenca del Valle del Cura se registraron altos valores de boro y arsénico. Las máximas concentraciones observadas corresponden a muestras procedentes del arroyo Los Bañitos, afluente del Zancarrón. Ambos atraviesan afloramientos de rocas volcánicas terciarias desde sus cabeceras (SMN, 2010).

3.3. Cuenca baja del río Blanco (aguas abajo de la junta de La Palca).

Abarca gran parte del valle de Iglesia. Se han registrado valores altos de boro y arsénico, por encima de los niveles guía que establece la legislación vigente. Aguas debajo de Malimán, en la estación de muestreo J-47, se midieron hasta 2.800 µg/l de boro y hasta 115 µg/l de arsénico (SMN, 2010).

Según el CIMOP (2009) *“La extensa cuenca del río Jáchal presenta dos regímenes de precipitación, uno de origen Atlántico y otro del Pacífico. En el primero los aportes se verifican entre los meses de octubre a marzo. Se trata de lluvias cortas, torrenciales y esporádicas, y a juzgar por las observaciones realizadas entre 1981-1982, son las responsables de las crecientes extraordinarias registradas en el dique Pachimoco”*.

“Las masas de aire que provienen e ingresan desde el Pacífico ocasionan importantes aportes en la alta cordillera entre los meses de abril a septiembre. En la mayoría de los casos, debido a las especiales condiciones climáticas y topográficas del área, las precipitaciones se producen en estado sólido (nieve, nevisca, grani)” (CIMOP, 2009). El informe de Sanindtec (1950-1953) indica que las principales precipitaciones nivales *“se producen entre los 4.000 y 6.000 msnm de altura”* y que la contribución líquida es *“muy escasa e irregular en las regiones cuya altura es menor a 4.000 msnm”* (Sanindtec, 1953). Bajo forma sólida la movilidad del agua es reducida y se acumula – si las condiciones topográficas lo permiten- en el mismo sitio de caída. Ésto la diferencia del comportamiento que tiene la caída de lluvia líquida, mucho más móvil y fluyente. Esas formas sólidas son el principal aporte del sistema que regula el

comportamiento anual de los diversos cursos de agua. Son al mismo tiempo las más afectadas por el exceso de calentamiento global y las actividades humanas (minería, redes viales).

“De los 23.000 km² que componen la cuenca del río Jáchal, el 38% (8.800 Km²) recibe aportes que pueden considerarse como ‘seguros’. Estas superficies están comprendidas entre la Cordillera Frontal (...) y la Cordillera del Límite, en coincidencia con las zonas de precipitación nival, originándose allí lo que podríamos considerar caudales base” (CIMOP, 2009).

“En estas subcuencas tienen sus nacientes los dos ríos principales del sistema. El río de la Palca y el río Blanco. El primero drena la parte centro-occidental de la cuenca (río de la Palca) y representa el 67% del área considerada como de aportes permanentes. A este río vuelcan sus aguas ríos y arroyos tales como el de la Sal, de las Taguas, Los Des poblados, Zancarrón, de los Bañitos, del Cura” y otros (CIMOP, 2009).

“El río Blanco drena la fracción nor-occidental de la cuenca y la integran los ríos Macho Muerto, Peñas Negras y el Salado, que confluyen en las juntas de Pucha-Pucha, provincia de La Rioja. Cabe destacar que entre Las Juntas de Pucha-Pucha y de la Palca no existen aportes superficiales significativos” (CIMOP, 2009).

El trabajo del CIMOP indica que la zona de la cuenca donde se originan “*todos los ríos y arroyos de curso permanente*” corresponde a ambientes con escasa vegetación, adaptada a la altura, los vientos y las bajas temperaturas. Agrega que en esas zonas “*se localizan extensas superficies pantanosas con lagunas aisladas, verificándose además evidentes procesos de carga y descarga de agua en los distintos sedimentos que forman el subsuelo de los valles. En síntesis, estos sectores se caracterizan por un grado notable de humedad*”.

Lo anterior muestra la extrema fragilidad ambiental de estos ecosistemas de altura, ya afectados por el derretimiento de glaciares y ambientes periglaciales –efecto del exceso de efecto invernadero- y de las actividades mineras, que además de las zonas de cateo y explotación a gran escala (megaminería a cielo abierto) incluyen extensos sistemas viales de alto impacto ambiental.

“Lo ambientes enmarcados entre la Cordillera Frontal y la Precordillera presentan características hídricas totalmente diferentes. Allí los derrubios son arrastrados por ‘uadis’ (lechos de ríos poco profundos y normalmente secos) y no por ríos. La sedimentación correlativa es abundante, de origen mecánico, detrítica y grosera formando un manto de rocas muy sensibles a los procesos de abarrancamiento y deflación eólica” (CIMOP, 2009).

“En esta zona de la cuenca la única excepción la constituyen las zonas de vegas y las riberas de algunos arroyos originados en la Cordillera Frontal (San Guillermo, Santa Rosa, La Brea, etc.) los que, a juzgar por los caudales aforados y las observaciones practicadas en los cauces por los que escurren aparecen como poco significativos desde el punto de vista de los aportes superficiales” (CIMOP, 2009).

“En la zona Sur de la cabecera de la cuenca existen numerosos arroyos que se originan en las Cordilleras de Colangüil, Agua Negra, Olivares, etc. Éstos acusan caudales similares a los observados en la zona anterior. Se encuentran, en la mayoría de los casos, aprovechados para el riego del área cultivada en el oasis de Iglesia. Ello impide que estos caudales lleguen, al menos en forma superficial, al colector común, el río Jáchal” (CIMOP, 2009).

“La zona de aportes eventuales corresponde a una franja de 10 a 12 Km de ancho recostada sobre el límite oriental de la cuenca precordillerana. Al enfrentar esta barrera orográfica los remanentes de humedad de la masa de aire que atraviesa el país producen precipitaciones, que debido a la naturaleza del terreno y a la pendiente pronunciada, escurren rápidamente hacia el colector, y salen de la zona. Este fenómeno se reitera en el extremo Sur de la cuenca, desde el Alto del Colorado, Pampa de los Avestruces y Llanos del Tocota, sitios donde se verifican precipitaciones de cierta importancia pero que análogamente a lo apuntado precedentemente, escurren de la zona en forma de avenidas torrenciales en medio de violentas crisis de rexistasia” (CIMOP, 2009).

4. EL SISTEMA TERRESTRE DE LA CUENCA DEL JÁCHAL.

En esta vasta región se extienden los tres ecosistemas pertenecientes a las Provincias Biogeográficas Altoandina, Puneña y del Monte, y sus respectivos ecotonos (zonas de borde), ya resumidas. Los ecosistemas acuáticos atraviesan por lo tanto estos diferentes ambientes, estableciendo con ellos relaciones variables y complejas, en general poco conocidas. Los cursos de agua actúan como “autopistas” líquidas para los flujos de genes y especies, pero también para el transporte –ver arriba- de sustancias químicas naturales y de origen antrópico.

En los ambientes acuáticos (humedales) la alteración de los patrones naturales de organización ecológica, calidad físico-química, caudales y otras variables repercuten, sobre todo, en las zonas que reciben y utilizan sus aguas. Sus contaminantes más persistentes pueden acumularse en los fondos y extenderse a los movimientos sub superficiales de agua.

5. LA TRANSFORMACIÓN DEL MOSAICO DE AMBIENTES NATURALES. EL NUEVO MOSAICO.

El mosaico de ambientes naturales que ya se describió, dominados por las Provincias Biogeográficas Altoandina, Puneña y del Monte, muestra fuertes síntomas de degradación, sobre todo en aquellos lugares con mayor accesibilidad y menor rigor climático (Monte, Puna). A nivel Altoandino las principales fuentes de cambio y deterioro son los ejes viales y las actividades megaminerías. También actúan factores alogénicos fuertemente alimentados por actividades humanas, como el Cambio Climático Global con su exceso de efecto invernadero y su resultado directo, mayores temperaturas medias.

En las zonas de Puna y sobre todo en los ambientes de Monte la diversidad de fuentes de alteración y contaminación tienen una mayor escala y diversidad. Hay cambios en los usos del suelo debidos al establecimiento de campos para la cría de animales, agricultura, minería convencional, megaminería, industrias y asentamientos humanos. Estas actividades descargan, entre otros contaminantes, líquidos residuales (lixiviados mineros, derrames mineros superficiales, líquidos cloacales), residuos sólidos urbanos, plaguicidas y residuos peligrosos en general (líquidos, sólidos y gaseosos).

Los ecosistemas naturales con relaciones $P/R \approx 1$ son reemplazados por ecosistemas productivos (o agroecosistemas) que tienen relaciones $P/R > 1$ y por ecosistemas urbanos o consumidores con valores $P/R < 1$. Estas nuevas estrategias operan con biodiversidades naturales extremadamente bajas, insignificante capacidad de auto mantenimiento sustentable a largo plazo, escasa resistencia ambiental, elevado consumo de materiales renovables y no renovables y crecimiento continuo. La biodiversidad natural es mantenida muy baja mediante la destrucción de la vegetación

nativa y sus etapas sucesionales, utilización de biocidas (herbicidas, insecticidas, rodenticidas, otros), caza, uso de especies exóticas y demás procedimientos simplificantes (Montenegro, 1987, 1994, 1999, 2006; Napolitano & Montenegro, 2007).

Desde los comienzos de las sucesivas invasiones europeas ha crecido la intervención de los ambientes nativos, en particular de aquellos con condiciones ambientales menos rigurosas. Cuando las estaciones estivales lo permiten, también se generan ocupaciones estacionales en altura (ganadería de verano por ejemplo). La megaminería, en cambio, ocupa todo el año ambientes inhóspitos y de gran altura gracias al uso de tecnologías de resistencia que consumen grandes cantidades de energía (electricidad, combustible fósil).

Los complejos mosaicos de ambientes naturales han venido sufriendo por lo tanto procesos de simplificación y alteración, donde los ambientes con relaciones P/R \approx 1 son reemplazados por ecosistemas simplificados que dependen del buen funcionamiento de los ecosistemas naturales remanentes donde colapsan gradualmente las “fábricas” naturales de agua, suelo, biodiversidad y estabilidad ambiental.

Se genera así un nuevo mosaico donde interactúan los ecosistemas naturales, productivos y urbanos, cada uno de ellos, a su vez, con su propio mosaico. Mientras los mosaicos de ecosistemas terrestres son expandidos y en general de gran superficie, los mosaicos de los ecosistemas lóticos –ríos, arroyos- son longitudinales y los leníticos, en cambio, areales (bajo la forma de lagos, lagunas, vegas y otros sistemas asimilables).

A nivel de ecosistemas lóticos existen en la cuenca del río Jáchal tres intervenciones que intercalaron ecosistemas leníticos o de aguas quietas, Cuesta del Viento, Pachimoco y Salto de la Loma.

El dique frontal de Cuesta del Viento, con 1.280 m de coronación, tiene una capacidad de almacenamiento de 206 Hm³, de los cuales 186 m³ son útiles (CIMOP, 2009). Fue construido con fines hidroeléctricos (tiene una potencia instalada de 10,5 MW y una capacidad de generación de 40 GW/h) y riego (17.000 Ha beneficiadas). Su superficie es de 12,5 km². El dique Pachimoco –en tanto- es una obra derivadora de caudal para riego. Finalmente la usina hidroeléctrica de Salto de la Loma, ubicada 4 Km al Noroeste de Jáchal, tiene una potencia instalada de 1.200 KW (CIMOP, 2010; Wikipedia, 2010).

Según el informe del CIMOP el valle de Jáchal tiene más de 82.000 m de canales impermeabilizados, 162.000 m de canales en suelo, 84.000 m de desagües y 84.000 m de terraplenes de defensa. El sistema de riego sirve aproximadamente a 22.000 Ha con derecho de riego, de las cuales hay unas 9.000 Ha en producción (CIMOP, 2010). Esa cifra de hectáreas bajo riego es la misma citada por Mazza para 1961. También existen obras de captación y riego, menores, en Huaco, Mogna, Iglesia y tomas rústicas en varias partes del río (Mazza, 1961).

En un empadronamiento del año 1903 citado por una memoria del año 1915 sobre regularización, defensas y superficies bajo riego en Jáchal, se incluyen las siguientes cifras: 11.568 Ha en Jáchal, 1.633 Ha en Huaco, 1.237 Ha en Tucunuco y 4.674 Ha en Mogna, lo que da un total de 19.902 Ha. Mazza agrega que en 1961 “*esa cifra se eleva a 23.160 Ha con derechos permanentes empadronados y 203 Ha más de Derechos Permanentes de arroyo en Iglesia*” (Mazza, 1961). La comparación de estos datos –década de 1960 y década de 2000- indica que la superficie bajo riego se ha mantenido o incluso disminuyó.

Todos estos embalses ejercen efectos barrera en los procesos naturales de flujo de genes y especies, y actúan como acumuladores de muchas sustancias que transportan los cursos de agua afluentes. En el proceso de entarquinamiento se generan depósitos de barro, fósforo, metales, metaloides y compuestos orgánicos persistentes (COPs), entre otros.

Si el ingreso de fósforo y nitrógeno supera los mecanismos internos de regulación (por lixiviación de suelos con escasa vegetación protectora, por lixiviación de suelos cuya vegetación sufrió incendios, por descarga de líquidos cloacales, por descarga de líquidos industriales orgánicos, etc.), los embalses entran en proceso de eutroficación cultural. El exceso de materia orgánica y la gran disponibilidad de fósforo y nitrógeno (dos factores limitantes de los ambientes acuáticos) crean las condiciones ambientales adecuadas para la floración de poblaciones bacterianas (“*blooms*”), en particular de bacterias verdeazuladas. Es frecuente entonces la liberación de neurotoxinas y hepatotoxinas, que se suman a contaminantes microbiológicos, entre ellos virus y bacterias patógenos procedentes de las descargas cloacales crudas.

6. LA ORGANIZACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS NATURALES, EN PARTICULAR DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS.

Los ecosistemas terrestres balanceados o naturales ocupan un volumen aéreo (más alto por ejemplo en los bosques de *Prosopis*, más bajo en estepas arbustivas) y un volumen asociado sub superficial o subterráneo. En ambos casos la biodiversidad es bastante compleja, y la altura y profundidad de estas dos unidades muy variables. En las tres Provincias Biogeográficas que caracterizan la cuenca del río Jáchal en la provincia de San Juan los ecosistemas terrestres naturales varían entre dos organizaciones extremas: los ecosistemas de hielo, que se extienden en profundidad hasta la zona de roca, y los ecosistemas de matorral y bosque, que pueden tener, combinando parte aérea y subterránea, hasta decenas de metros de espesor total. Sin embargo, las fisonomías dominantes son estepas con vegetación en cojín y matorrales, en la mayor parte de los casos con importantes superficies de suelo descubierto.

Las costas de los cursos de agua (con sus subsistemas sub superficiales de circulación), de las masas de agua quietas y de los lagos artificiales conforman áreas de contacto –ecotonos- entre los ambientes terrestres y acuáticos. Estos ecotonos suelen tener formato de franja (franjas lineales, franjas circulares), o pueden asumir vastas superficies de forma irregular cuando los ríos crean zonas de derrame donde interactúan ambientes acuáticos e “islas” terrestres, en general transitorias y ligadas a épocas de creciente.

En el interior de los ríos, enmarcados por las “costas” o bordes, existen fondos de composición muy variable (sedimentaria plana, o bien rocosa con rocas de distintas dimensiones, arena y sedimentos finos por ejemplo) donde las componentes sólidas pueden estar sumergidas, o aparecer parcialmente en la superficie. La presencia de rocas y arena aumenta la superficie de contacto entre agua y elementos sólidos, facilitando turbulencias que incrementan la oxigenación del agua. Esta oxigenación es más persistente en los tramos que discurren a baja temperatura, y menor en los tramos “calientes” de los ríos. Es frecuente, sobre todo en los cursos de menor caudal, que sus situaciones hídricas varíen desde caudales conspicuos con plena ocupación de los cauces y eventualmente de las zonas de desborde (o creciente), a cauces secos donde se desarrolla vegetación y otros elementos del ecosistema terrestre atravesado, con o sin presencia de subálveos.

En los ecosistemas leníticos (lagos, lagunas) los ecotonos subcirculares acompañan fondos generalmente profundos y con menor penetración de luz. En los lagos se producen zonaciones verticales fuertemente influenciadas por la temperatura (debe recordarse que el agua adquiere su mayor densidad a los 4 °C, lo cual permite la coexistencia de hielo sólido en superficie y agua fría en profundidad). Un fenómeno similar puede registrarse en los ambientes lóticos (ríos), en tanto la profundidad y volumen de agua lo permitan.

En el agua los cambios térmicos son más lentos que en los sistemas terrestres (que interactúan directa y masivamente con la atmósfera). Según Odum (1972) el agua tiene propiedades muy particulares:

- a) Calor específico alto, es decir, interviene una cantidad de calor muy elevada en el cambio de la temperatura del agua. Una caloría gramo (gcal) es el calor que se necesita para hacer subir un mililitro (o un gramo) de agua en 1 °C (entre 15° y 16 °C). Únicamente el amoníaco y otras pocas sustancias poseen valores superiores a 1.
- b) Tiene un alto calor de fusión, pues se requieren 80 calorías para cambiar un gramo de hielo en agua sin cambio de temperatura (y a la inversa).
- c) Tiene el calor latente de evaporación más alto, que tiene lugar más o menos continuamente, tanto por la vegetación como desde la superficie del agua y del hielo.
- d) El agua tiene, como se indicó anteriormente, su mayor densidad a los 4 °C de temperatura. Su volumen y su peso aumentan por arriba y por debajo de esta temperatura.

En función de su posición en la cadena alimentaria o de energía, Odum (1972) distingue tres categorías de organismos acuáticos:

- a) Los autótrofos (productores), que son las plantas verdes y los microorganismos quimiosintéticos.
- b) Los fagotrofos (macroconsumidores) primarios, secundarios, etc., en particular herbívoros, depredadores, parásitos etc.
- c) Los saprótrofos, microconsumidores o desintegradores, clasificados a su vez según la naturaleza del sustrato orgánico descompuesto.

Los organismos de ambientes lóticos y leníticos se clasifican también por su forma o hábito de vida. Estas son las categorías según Odum (1972):

- a) Bentos: son organismos fijos a los fondos, que permanecen en él o viven en los sedimentos. El bentos animal puede dividirse en comedores de filtro y comedores de depósito.
- b) Perifiton (o *Aufwuchs*): organismos (tanto vegetales como animales) fijados a los tallos y las hojas de plantas enraizadas, o que se adhieren a ellos o a otras superficies arriba del fondo.
- c) Plancton: organismos flotantes cuyos movimientos dependen más o menos de las corrientes. Mientras algunos organismos del zooplancton exhiben movimientos natatorios activos que los ayudan a mantener la posición vertical, el plancton en su conjunto es incapaz de moverse contra corrientes apreciables.

d) Necton: organismos flotantes capaces de nadar a voluntad. Por ejemplo peces, anfibios y grandes insectos nadadores.

e) Neuston: organismos que nadan o permanecen en la superficie.

Según Odum (1972) los organismos pueden clasificarse –finalmente- en función de la región o el sub hábitat.

a) En los lagos se distinguen:

a.1) Zona Litoral o de agua somera, con penetración de luz hasta el fondo.

a.2) Zona Limnética. Es la zona de agua abierta hasta la profundidad de penetración de la luz llamada “zona de compensación”. Es la profundidad en la cual la fotosíntesis compensa justamente la respiración. La comunidad de esta zona se compone solamente de plancton, necton y algunas formas de neuston.

a.3) Zona Profunda. Es el área del fondo o de agua profunda que queda más allá de la penetración eficaz de la luz Solar. Esta zona falta a menudo en los humedales de escasa profundidad.

b) En pequeñas corrientes se suelen identificar dos zonas principales:

b.1) Zona de los Rabiones. Es agua somera donde la velocidad de la corriente es suficientemente grande para mantener el fondo limpio de cieno y materiales sueltos, lo que proporciona un sustrato firme.

Esta zona está ocupada ampliamente por organismos bénticos o perífíticos especializados que se adhieren al sustrato, y por vigorosos nadadores (varias especies de peces).

b.2) Zona de Charco. Es agua de cierta profundidad donde la velocidad de las corrientes es reducida y el cieno y otros materiales sueltos tienden a depositarse en el fondo. Proporciona un fondo blando poco favorable a las formas de bentos, pero apta, en cambio, para las formas que se entierran, el necton y en algunos casos el plancton (Odum, 1972).

7. ESTUDIOS INTEGRADOS DE AMBIENTES ALTAMENTE COMPLEJOS.

7.1. Introducción.

La sinecología es la rama de la ecología que aborda el estudio de ecosistemas completos. Cuando se evalúa el impacto de una actividad humana cualquiera –por ejemplo una megamina, una petroquímica, un embalse- es indispensable considerarla en el contexto de los ecosistemas donde opera y aplicar metodologías sinecológicas.

Para la realización de evaluaciones sobre el impacto de actividades humanas es importante tener como insumos una serie de datos, modelos de análisis y estudios. Entre ellos:

7.2. La población afectada por la actividad.

Comprende las personas real y potencialmente expuestas a la alteración del ambiente, los contaminantes y otras situaciones de riesgo, real o potencial. Es fundamental, en el caso de la megaminería, establecer las poblaciones expuestas a impactos rutinarios y

accidentales (derrames, rotura masiva de diques de cola, etc.). Para cada mina es necesario establecer, para el máximo accidente posible, la zona de derrame y el alcance de las distintas plumas de contaminación.

Además de los Planes de Emergencia propios de cada mina deben existir Planes Ciudadanos de Emergencia –coordinados con los anteriores- para poder amortiguar los posibles efectos de distintas magnitudes de accidente. Esto incluye la existencia de sistemas asociados de comunicación, rápidos, eficientes y veraces.

Todas estas personas están expuestas a los distintos “complejos de factores negativos” y “cócteles de contaminantes” que produce la actividad humana considerada.

7.3. La necesidad de utilizar la noción de ecosistema en mosaico.

Aislar un tramo de río o las inmediaciones de una actividad bajo monitoreo y evaluación impide la obtención de datos sistémicos y con poder de predicción.

Es importante definir el área de impacto en varias aproximaciones sucesivas, y utilizar –dentro de esa área- la noción de mosaico de ecosistemas, terrestres y acuáticos.

En el espacio bajo evaluación interactúan ecosistemas productivos (con relaciones $P/R > 1$), ecosistemas consumidores o urbanizados, de distinta densidad (con relaciones $P/R < 1$) y ecosistemas naturales remanentes (con relaciones $P/R \approx 1$), acuáticos y terrestres. Como ya lo indicamos anteriormente, entre ellos se sitúan zonas de borde o ecotonos. La distribución de estos ambientes y sus superficies generan un conjunto de "unidades ambientales" muy útiles para evaluar la situación de riesgo que plantea la actividad evaluada (Montenegro, 1999).

En el caso de los ecosistemas productivos es importante considerar la variación anual de sus cultivos, zonas de pastoreo y actividades asociadas (mapas para distintas épocas del año). Igualmente, en qué cultivos se aplican plaguicidas, de qué sustancias se trata, cantidades y épocas de aplicación.

Dentro de cada una de las "unidades ambientales" es importante analizar y medir las variables con las cuales puedan definirse "situaciones base" o de referencia. Tales situaciones de base incorporan –en muchos casos- el impacto ambiental ya producido.

7.4. La necesidad de definir zonas ambientales con fines operativos.

Mediante tarea de campo y gabinete es necesario definir en primer lugar el área donde se encuentra y opera la fuente de degradación y contaminación que está siendo analizada. Esta definición incluye no solamente las instalaciones dedicadas a procesamiento y producción, sino también las vías de comunicación utilizadas para el ingreso y egreso de suministros y productos. Se conforma así la Zona Núcleo o zona de abordaje principal, que podemos llamar Zona 1.

Dentro de esta Zona 1 deben identificarse las distintas sub fuentes de degradación y contaminación, cada uno con sus procesos, mecánica de operación y salidas (impactos, sustancias, productos). Puede dar lugar a la definición de Subzonas (por ejemplo Sub Zona 1.1, Sub Zona 1.2 ... Sub Zona 1.n).

Posteriormente es necesario definir el área de impacto de la Zona 1 y sus Sub Zonas, y como se proyecta en el espacio. Pueden considerarse por ejemplo, si corresponde a

la actividad, las plumas máximas teóricas y observadas de contaminación producto de la fuente principal (Zona 1).

También es necesario determinar el área de impacto de cada sub fuente no conectada directamente con la actividad analizada (esto es, con independencia relativa de la Zona 1) pero que coincide con su área de impacto máximo (Zona 2).

Para cada fuente con independencia relativa de la actividad evaluada se determinará su propia área de impacto. Esto generará “polígonos” secundarios (Zona A, Zona B ... Zona C). Puede trabajarse con un menor nivel de desarrollo que el utilizado para la actividad evaluada.

La superposición de todas las zonas determinadas (Zona 1, Zona 2, Zonas A a Zona “N”) generará una tercer zona que denominamos Zona 3.

Para esta Zona 3 y las zonas componentes –lo cual configura un sistema muy complejo- es fundamental determinar su organización ecológica y aplicar el método del “mosaico de ecosistemas” (ver arriba). El conjunto debe ser superpuesto a su vez en un mapa de las provincias Biogeográficas y sus distintas unidades para poder hacer eventuales interpretaciones de sistema. Por ejemplo –en el caso de megaminas ubicadas en Provincia Biogeográfica Altoandina- cuál es su ancho operacional en relación con el ancho total del ecosistema, y lo que ésto puede significar en término de interrupción –o no- del flujo Norte-Sur y Sur-Norte de especies y genes, y de otros procesos críticos.

Estas zonas tienen dos instancias de definición, una inicial producto de información secundaria (trabajos publicados con y sin referato, literatura gris, informantes clave, otras fuentes), que llamaremos Zonificación Inicial; y una segunda, resultado de los estudios ya realizados y cruzados (estudios ambientales, estudios epidemiológicos, otros), que denominamos Zonificación de Detalle.

7.5. La necesidad del estudio ambiental y social “marco”.

Se refiere a la definición secundaria (no basada en información primaria) de niveles de información marco para el complejo conjunto de variables incluidos en la Zona 3. Consideramos arbitrariamente variables ambientales y sociales. Corresponden a un conocimiento general y con distintos niveles de detalle -por variable considerada- del área definida como Zona 3.

7.5.1. Variables ambientales de soporte.

a) Geomorfología general de los ambientes terrestres y acuáticos. Fisonomía. Definición de las distintas unidades de cuencas hídricas, superficiales y subterráneas (primera aproximación). Curvas de nivel para espacios críticos.

a) Suelos en ambientes naturales, productivos y urbanizados. Clasificación. Estado (nivel de erosión hídrica, eólica y biológica). Modelos de calidad para compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en los suelos (superficie y distintas profundidades). Contaminación natural por metales y metaloides.

c) Biodiversidad en ambientes naturales (ecosistemas terrestres, ecosistemas acuáticos), en ambientes productivos y en ambientes urbanos (flora, fauna, otros).

d) Aguas subterráneas. Modelo de distribución. Modelo de disponibilidad (caudales). Modelo de calidad. Movimiento de las aguas subterráneas. Mosaicos de ecosistemas asociados.

e) Movimientos hídricos de superficie. Microcuencas. Modelos de escorrentía superficial. Modelos de infiltración. Modelo de disponibilidad (caudales). Mosaicos de ecosistemas asociados.

f) Ingreso de agua desde "fuera" del sistema con valores de caudal ("Q") y calidad (determinación cuali-cuantitativa de sus contaminantes). Mosaicos de ecosistemas asociados a la fuentes de estos aportes.

g) Clima. Comportamiento de temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, precipitación nival, presión atmosférica, insolación y otras variables. Modelo de movimientos del aire (vientos, calmas). Modelo de calidad del aire (contaminantes presentes).

h) Inversiones superficiales de temperatura, particularmente en otoño e invierno. Modelo de la variación de la altura de la capa de inversión y de la capa de mezcla (cuando están separadas) o de la capa de mezcla e inversión (cuando se superponen), identificando las situaciones y períodos más críticos.

7.5.2. Variables sociales y culturales.

a) Distribución de la población con estructura de edades. Mosaicos de ecosistemas asociados.

b) Distribución geográfica de la morbilidad y la mortalidad para distintos períodos de tiempo. Determinación de los vacíos de información para esta variable. Mosaicos de ecosistemas asociados. Relación con plumas de contaminación.

c) Distribución y localización de los elementos culturales (viviendas, lugares públicos, vías de comunicación, infraestructura de servicios, etc.). Mosaicos de ecosistemas asociados. Relación con plumas de contaminación.

d) Distribución de las actividades económicas con algún tipo de impacto ambiental y social, presunto y efectivamente comprobado. Mosaicos de ecosistemas asociados. Relación con plumas de contaminación.

e) Distribución de las sub fuentes de degradación ambiental y contaminación asociadas a la actividad que se analiza. Mosaicos de ecosistemas con los cuales tienen algún tipo de relación. Asociación posible con plumas de contaminación.

f) Distribución de las otras fuentes de degradación ambiental y contaminación con sus respectivos modelos de operación y plumas de contaminación. Mosaicos de ecosistemas con los cuales tienen algún tipo de relación.

f) Variables económicas, en particular puestos de trabajo asociados a las distintas actividades analizadas (fuentes de impacto) y no analizadas. Duración de las actividades económicas. Población dedicada a actividades primarias, secundarias y terciarias, y modelo de distribución. Mosaicos de ecosistemas con los cuales tienen algún tipo de relación.

g) Variables administrativas y normativa relacionadas con la actividad principal que se está evaluando, con las restantes fuentes de degradación y contaminación, y con diferentes aspectos del estudio encarado.

h) Comportamientos administrativos y judiciales de apoyo, rechazo y otras posiciones públicas sobre la actividad principal que se evalúa. Modelo de resistencia social y de apoyo social a ésta y otras actividades.

7.5.3. La necesidad de realizar estudios ambientales.

Requiere la definición de un Protocolo de Detalle, basado en la revisión de toda la información precedente. Implica: a) La definición de las variables que se medirán, y para cada una de ellas, el método designado para elegir y designar los sitios donde se obtendrán muestras, información u otros elementos; b) Los procedimientos de toma de muestras (con identificación, almacenamiento, transporte, seguridad) y de obtención de información y demás elementos (incluidos mecanismos para la protección de las personas e instituciones que provean información); c) Los lugares, instituciones y personal que evaluarán las muestras e información recolectada (si corresponde); d) El seguimiento de todos los procesos; e) La interpretación de los resultados, cruce de variables e información; f) La realización de estudios y evaluaciones suplementarias, que incluye eventuales repeticiones; g) El procedimiento de publicación de los resultados y su comunicación a la comunidad.

Existen algunos elementos que es necesario tener en cuenta al momento de elaborar el Protocolo de Detalle. Éstos se listan a continuación:

a) Tareas estandarizadas de monitoreo de variables de referencia, variables físico-químicas y variables bióticas para ecosistemas terrestres y ecosistemas acuáticos. El monitoreo del complejo limnológico resulta clave para cursos de agua, lagos y embalses potencialmente afectados por la actividad que se analiza). Estos monitoreos deben representar las condiciones existentes, como mínimo, en cada una de las estaciones del año para un año único, completo, y si los recursos lo permiten para los doce meses del año único, o –en ambos casos, monitoreo estacional o monitoreo mensual- durante 2 y más años (monitoreo permanente).

a.1) Monitoreo en la fuente complementado con auditoría ambiental de todas las instalaciones. Las auditorías pueden separarse de los monitoreos, y su realización no debe ser previamente comunicada a la empresa bajo inspección. En el caso de las megaminerías corresponde, entre otros items:

i) Evaluar el daño geomorfológico y la alteración de la fisonomía, estableciendo además la permanencia o no de sistemas geológicos que pudiesen actuar como barreras para el movimiento de aire (vientos) y líquidos (alteración de microcuencas). En zonas de glaciar y ambiente periglacial el cambio de circulación de los vientos puede aumentar la velocidad de derretimiento de las masas de hielo.

ii) Monitorear, en las masas de hielo, la deposición de partículas oscuras (producto de las actividades mineras) y medir los albedos. Monitorear la retracción o ampliación de las superficies y volúmenes de hielo.

iii) Monitorear físico-químicamente las masas de aguas superficiales y subterráneas, los embalses con líquidos residuales, los suelos, los depósitos de residuos sólidos (restos orgánicos, restos inorgánicos, chatarra, restos de construcción etc.), las escombreras y otros depósitos de residuos mineros sólidos, el suelo en proximidad de

depósitos de combustibles e insumos químicos, los puntos de descarga de efluentes líquidos (incluidas zonas de descarga de líquidos cloacales, de restos de aceites, de restos de combustible etc.).

iv) Monitorear limnológicamente las aguas superficiales para detectar impactos negativos sobre la biodiversidad. Incluye la obtención de índices de biodiversidad.

v) Monitorear ecológicamente los ambientes terrestres para determinar impactos negativos sobre su biodiversidad, superficial y subterránea. Incluye la obtención de índices de biodiversidad.

a.2) Monitoreo -ya fuera de las instalaciones de la actividad bajo inspección- de los ambientes potencialmente afectados por las operaciones rutinarias y accidentes. En el caso de las megaminerías:

i) Evaluar el daño geomorfológico y la alteración de la fisonomía aguas abajo de la mina, en particular cambios en la escorrentía general, cambios en los cauces de los ríos efluentes, cambios en los procesos de sedimentación, etc.

ii) Monitorear, en las masas de hielo, la deposición de partículas oscuras (producto de las actividades mineras) y medir sus albedos. Monitorear la retracción o ampliación de las superficies y volúmenes de hielo (incluidas las cercanías a las rutas usadas por el transporte que ingresa y sale de la mina).

iii) Monitorear físico-químicamente las masas de agua superficiales, sub superficiales y subterráneas.

iv) Monitorear limnológicamente las masas de aguas superficiales para detectar impactos negativos sobre la biodiversidad. Incluye la obtención de índices de biodiversidad.

v) Monitorear ecológicamente los ambientes terrestres para determinar impactos negativos sobre la biodiversidad superficial y subterránea. Incluye la obtención de índices de biodiversidad. Incluye la obtención de índices de biodiversidad.

a.3) Variables a ser evaluadas.

i) Para la realización de estudios limnológicos puede seguirse el listado de universos propuesto por Odum (1972, ver arriba). Las metodologías de estudio pueden analizarse en el trabajo de Lopretto & Tell (1995). Deben obtenerse en todos los casos índices de biodiversidad (por ejemplo Índice de Shannon-Wiener, Índice de Simpson, otros). No son válidos estudios limnológicos puntuales y sin representatividad anual como los presentados usualmente por la empresa Barrick Gold en San Juan.

ii) A nivel de estudios físico-químicos y microbiológicos deben conformarse baterías de variables a ser medidas *in situ* y en laboratorio. Entre las variables principales se incluyen:

ii.1) Para aguas.

Temperatura

Oxígeno Disuelto (OD)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅ a 20 °C)

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Conductividad

Radiactividad total (Alfa, Beta, Gamma)
Bacterias Coliformes fecales
Bacterias Coliformes totales
Residuo seco (a 110 °C)
Sólidos Disueltos Totales (SDT)
Carbonatos
Bicarbonatos
Cloruros
Sulfatos
Nitratos
Nitritos
Amonio
Calcio
Fósforo
Magnesio
Sodio
Flúor
Bromo
Cianuro
Boro
Arsénico
Aceites y grasas
Hidrocarburos
Otros

Aluminio
Bario
Berilio
Cadmio
Cobre
Cromo Hexavalente
Cromo Total
Estaño
Hierro
Manganeso
Mercurio
Níquel
Plata
Plomo (estable)
Radio 226
Radón 222
Plomo 210
Selenio
Talio
Uranio total
Zinc
Otros

ii.2) Para suelos.

Cianuro
Boro
Arsénico
Aceites y grasas
Hidrocarburos

Radiactividad total (Alfa, Beta, Gamma)

Aluminio
Bario
Berilio
Cadmio
Cobre
Cromo Hexavalente
Cromo Total
Estaño
Hierro
Manganeso
Mercurio
Níquel
Plata
Plomo (estable)
Radio 226
Radón 222
Plomo 210
Selenio
Talio
Uranio total
Zinc
Otros

ii.3) Para aire.

Óxidos de nitrógeno
Óxidos de azufre
Óxidos de carbono
Partículas en suspensión
PM 10
PM 2,5
Radiactividad total (Alfa, Beta, Gamma)
Aluminio
Bario
Berilio
Cadmio
Cobre
Cromo Hexavalente
Cromo Total
Estaño
Hierro
Manganeso
Mercurio
Níquel
Plata
Plomo (estable)
Radio 226
Radón 222
Plomo 210
Selenio
Talio
Uranio total
Zinc

Otros

iii) Para los estudios de ambientes terrestres deben emplearse:

iii.1) Métodos de ecología de campo, entre ellos: muestreo al azar de biota ("cuadrados"), transectas para evaluación de biota, trapeo no cruento de macrobiota, evaluación de huellas de macrobiota, avistamiento de macrobiota, captación a distancia de macrobiota (uso de dispositivos automáticos para toma de fotos y videos), trapeo de insectos con lámparas de luz ultravioleta, trapeo de insectos con red, trapeo de insectos con dispositivos automáticos, recolección de muestreo de suelo para posterior análisis en laboratorio con embudos Berlese, etc. En el caso particular de las muestras de suelo debe analizarse microbiota, mesobiota y macrobiota (Odum, 1972). Este último y Margalef (1977) describen someramente los métodos y dispositivos que pueden utilizarse en estudios de ecología terrestre.

iii.2) Métodos de gabinete que incluyan el análisis de imágenes satelitales, fotografía aérea y recopilaciones de *Google Earth*, asociados y no asociados a las tareas de campo.

iv) Métodos para medir la afectación de actividades productivas, tradicionales y turísticas.

b) Redefinición de indicadores seleccionados para la realización de los monitoreos, lo que reduce su complejidad, facilita el desarrollo de los trabajos y asegura continuidad.

c) Generación de equipos de trabajo adecuadamente conectados entre sí, que incluyan –como parte de los mismos- la presencia de ciudadanos y organizaciones de la sociedad civil para que actúen como veedores del proceso.

d) Es fundamental generar un mecanismo de colocación de los datos obtenidos y su interpretación en una página Web o Blog para facilitar el acceso, la visibilidad de lo actuado y la recepción de críticas, correcciones y sugerencias.

e) A nivel de contaminantes:

e.1) Deben identificarse con precisión las sub fuentes de contaminación asociadas específicamente a la actividad que se evalúa (una megamina por ejemplo genera contaminantes por lixiviación de las rocas expuestas, por procesos de operación de minerales, por manipulación de insumos químicos peligrosos, por manipulación de combustibles líquidos, por preparación y manipulación de explosivos, por descargas cloacales, por descarga de restos de comida, por descarga de chatarra y en general grandes residuos sólidos, etc.).

e.2) Debe determinarse los agentes aislados o los "cócteles de agentes" que genera cada una de esas sub fuentes, ya sean materiales; energías; materiales y energías; microorganismos; materiales y microorganismos; energías y microorganismos; energías, etc.

e.3) Debe evaluarse la ruta seguida por esos agentes aislados o "cócteles de agentes" entre la fuente y el receptor final. Incluye la definición de los "medios" por los cuales se desplazan (medio aéreo, medio terrestre, medio acuático, medio biológico, etc.). Quedarán definidas así rutas largas, rutas intermedia y rutas cortas. Cuando sobre un lugar o medio confluyen varias rutas con su respectiva "carga" de agentes (aislados, en "cóctel"), se genera allí un "cóctel" complejo.

Lo anterior resulta de considerar los siguientes módulos: i) "Fuente o depósito primario"; ii) "Ruta 1"; iii) "Fuente o depósito secundario"; iv) "Agente"; v) "Ruta 2"; vi) Otras fuentes y depósitos secundarios para ese agente; vii) "Lugar y modo de exposición".

La suma de rutas parciales ($R_1, R_2 \dots R_n$) da la ruta total o R_t . Cada paso del recorrido demanda tiempos parciales (por ejemplo lo que tarda en moverse un agente de una fuente primaria a una fuente secundaria) y un tiempo total. A la "longitud" de las rutas se agrega la consideración de tiempo insumido en ese movimiento.

En el caso de energías no hay "situaciones depósito". En el caso de los campos eléctricos y magnéticos generados por líneas de media y alta tensión, cuando se interrumpe el flujo eléctrico cesa la generación de radiación no ionizante.

e.4) Debe abordarse además la existencia simultánea de otras fuentes contaminantes con sus respectivos agentes (agentes aislados, agentes "en cóctel"), rutas y lugares y modos de recepción (personas expuestas, animales domésticos expuestos).

7.5.4. La necesidad de realizar estudios epidemiológicos.

Es fundamental evaluar la morbilidad y mortalidad humana y de los animales domésticos que se encuentran dentro de la Zona 1 (salud de los trabajadores y residentes en la actividad bajo control, una mina por ejemplo), Zona 2 (población afectada) y la Zona 3 (población afectada), teniendo en cuenta que los resultados enmascaran *prima facie* las causas (fuentes originarias del impacto en la salud).

Los estudios epidemiológicos de personas y animales domésticos (e incluso de otros organismos potencialmente afectados) deben incluir, entre otras:

- a) Poblaciones potencialmente afectadas por las plumas de contaminación que se desplazan por agua, aire y suelo o sus combinaciones (materiales, energía), incluidos alimentos contaminados.
- b) Poblaciones potencialmente afectadas por los campos magnéticos de baja frecuencia generados desde los tendidos de media y alta tensión que tienen por destino la actividad evaluada (sobre todo megaminerías).
- c) Poblaciones afectadas por el impacto psicológico de la actividad analizada.

Todos estos universos deben integrarse en un "paquete" estandarizado de monitoreo epidemiológico a ser repetido anualmente como mínimo.

Recordemos que el monitoreo epidemiológico debe continuar incluso después del cierre de la operación de la actividad que se controla (por ejemplo, después del cierre formal de una megamina e incluso con posterioridad a su remediación).

El proceso del estudio epidemiológico –cuya herramienta inicial es la encuesta de epidemiología popular- comprende varios pasos operativos principales.

a) Primer paso.

Disponer de la encuesta como paso indispensable para realizar el estudio. Existen varios formatos disponibles (ver Montenegro, 2010).

b) Segundo paso.

Efectuar una encuesta piloto para la puesta a prueba de las preguntas y componentes de la encuesta, y la interpretación y disposición de las respuestas obtenidas. Esta prueba permitirá mejorar además el sistema logístico (personas a cargo de realizar las encuestas, procedimientos normalizados para realizarla, decisiones aconsejables ante situaciones inesperadas, etc.).

c) Tercer paso.

Replantear (o no) en función del paso anterior el contenido y estructura de la encuesta, y definir su formato definitivo.

d) Cuarto paso.

Definir los universos poblacionales en los cuales se realizará la encuesta epidemiológica.

e) Quinto paso.

Delimitar el área problema donde se registran los casos de enfermedad y mortalidad que se consideran, *a priori*, como "atípicos". El área puede ser urbana, productiva o natural, o un mosaico de ambientes (urbana y natural; urbana y productiva; productiva y natural; urbana, productiva y natural). Esta distinción es muy importante porque cada uno de los ecosistemas tipo (natural, productivo o urbano) tiene su propia estructura u organización, y modalidades propias de funcionamiento.

Es importante definir además, cuando sea posible, áreas de borde o ecotonos. Muchas veces los mayores conflictos se registran en estas zonas pues allí coexisten usos del suelo a veces contrapuestos (por ejemplo ecotono de uso residencial y uso agrícola, o uso residencial y relleno sanitario).

f) Sexto paso.

Representar gráficamente la zona problema mediante plano o mapa con la menor escala posible (por ejemplo escala 1:500 (donde cada centímetro del plano representa 500 centímetros del terreno).

Debería incluirse la mayor cantidad posible de información, en particular: ubicación de las viviendas; escuelas y edificios públicos; industrias y grandes depósitos; sendas, caminos, calles, rutas y demás vías utilizadas para trasladarse; cursos de agua; canales; lagunas; ambientes naturales (bosques, arbustales y pastizales nativos); cultivos; campos para ganadería; espacios verdes implantados etc.

g) Séptimo paso.

Realizar la suficiente cantidad de copias de los formularios y preparar la realización de la encuesta en función de la cantidad de personas disponibles, los universos que abordará la encuesta, los tiempos disponibles, las contingencias climáticas, administrativas y humanas, etc. ("Protocolo de realización").

Es muy importante armonizar la disponibilidad de elementos logísticos, el tiempo de trabajo óptimo de los encuestadores, la adaptación a contingencias y la centralización de los formularios completados.

h) Octavo paso.

Preparar a la comunidad que será encuestada para que se integre activamente a sus distintas fases, desde la visita a las viviendas hasta la transmisión pública de los resultados. Deben quedar claros los objetivos y tiempos, la protección que tendrá la información aportada y sobre todo el beneficio social de este trabajo.

i) Noveno paso.

Concretar la encuesta siguiendo el protocolo de realización.

j) Décimo paso.

Procesar los resultados cruzándolo con las bases de datos preparadas especialmente (ver arriba) y de ser posible con los resultados del estudio ambiental (si estuvieran disponibles).

7.5.5. La necesidad de tomar muestras biológicas para su análisis.

Esta es una herramienta muy útil, pues permite detectar las sustancias que podrían acumular en su organismo aquellas personas expuestas a las descargas contaminantes de la actividad bajo análisis, y conocer también -en forma simultánea- la existencia de contaminantes descargados al ambiente por otras fuentes, y que podrían interactuar con los primeros (efectos sumados, efectos sinérgicos).

Mediante análisis de muestras biológicas puede determinarse cuali-cuantitativamente, por ejemplo, la acumulación de compuestos orgánicos persistentes como el DDT y sus isómeros, otros plaguicidas clorados, PCBs, metales, un metaloide como el arsénico, etc. De acuerdo a las sustancias buscadas pueden tomarse muestras de sangre, de tejido graso (pues muchos COPs son liposolubles) y de cabello. Aunque no es posible asociar unívocamente un agente hallado en sangre o tejido graso con una fuente determinada, sustenta las acciones, en particular cuando los resultados fueron obtenidos mediante estudio de caso-control.

8. Importancia de la noción de ecosistema para el abordaje de la cuenca del Jáchal.

Hasta la década de 1930 el ser humano no había logrado inventar una forma adecuada para describir las complejas organizaciones naturales que lo rodeaban. Estaba claro que la vida interactuaba con las componentes abióticas, como el suelo, la atmósfera o el clima, pero la componente espacial no lograba resolverse en forma adecuada. Ese año Tansley desarrolló la noción de ecosistema con criterios muy operativos y flexibles (Tansley, 1935). Actualmente definimos como ecosistema cualquier espacio donde interactúan componentes bióticas y abióticas. Cuando a esos espacios les colocamos límites basados en criterios arbitrarios pero científicamente fundados podemos identificar desde ecosistemas muy grandes (como el planeta Tierra y sus envolventes gaseosas) hasta ecosistemas muy pequeños (como un diminuto charco en la corteza ahuecada de un árbol ya muerto). Las propiedades que tenga cada uno de esos espacios variarán con su tamaño y con nuestra posibilidad técnica para describir qué elementos e interacciones los definen. Sin embargo, cualquiera sea nuestra decisión sobre límites, debe quedar claro que ningún ecosistema es cerrado. Todos intercambian energía, materiales (vivos o no) e información. Desde una perspectiva muy general, cuanto más pequeño es un ecosistema, más simple es su organización y menor su capacidad para mantenerse a sí mismo (Montenegro, 1999).

Teniendo en cuenta el estado de los materiales, en la Tierra existen dos tipos generales de ecosistemas: los acuáticos y los terrestres.

En los ecosistemas acuáticos se suceden verticalmente de abajo hacia arriba: a) un fondo o sistema de contención sólido; b) una matriz líquida, y c) una matriz gaseosa (la atmósfera). De acuerdo a la naturaleza de esa matriz líquida (superficie, profundidad, volumen, movimiento del agua, salinidad, etc.) es posible distinguir ecosistemas acuáticos de aguas dulces y ecosistemas de aguas saladas (océanos, mares).

En los ecosistemas terrestres se suceden verticalmente, de abajo hacia arriba: a) un fondo sólido y rígido (o roca madre); b) una matriz sólida menos rígida y de espesor variable (el suelo) y c) una matriz gaseosa (la atmósfera) en la cual se expanden verticalmente los organismos vivos hasta una cierta altura (hasta unos 100 metros para árboles, a mayor altura otros organismos vivos de menor tamaño).

Dentro de los ambientes sólidos que llamamos continentes e islas interactúan ecosistemas terrestres predominantemente sólidos (por ejemplo el matorral del Monte) y ecosistemas predominantemente líquidos (por ejemplo un curso de agua dulce permanente o el lago definido por el dique de Cuesta del Viento). Los continentes e islas, a su vez, interactúan con vastos ecosistemas acuáticos de agua salada (océanos), por ahora alejados de los ambientes que abordamos en este trabajo (Montenegro, 1999).

El origen de todos los ecosistemas actuales que hoy sobreviven en la Tierra fue el resultado de las asociaciones que ocurrieron hace unos 3.860 millones de años entre las primeras formas vivas (producto de la biogénesis) y el entorno no vivo (componentes abióticas de un planeta en enfriamiento, que todavía hoy continúa enfriándose)

Desde entonces la estructura y organización de los ecosistemas ha variado en forma permanente, con expansiones y retracciones, y el desarrollo y desaparición casi continua de especies vivas. Actualmente la vida en la Tierra, que incluye desde virus y bacterias muy pequeñas hasta animales y árboles de gran tamaño, solamente se desarrolla sobre una delgada película superficial. En esta "biósfera" frágil y estrecha los seres vivos (biodiversidad) interactúan en forma continua con las componentes no vivas (desde sustancias químicas hasta montañas, masas de agua y clima por ejemplo). Aunque existen situaciones intermedias, las dos grandes matrices donde se desarrolla la vida son la hídrica-atmosférica y la sólida-atmosférica. Los ecosistemas son por lo tanto unidades arbitrarias que definimos en base a formas dominantes (árboles en el caso de bosques, superficie y volumen de la masa de agua en el caso de ecosistemas acuáticos).

A nivel de ecosistemas terrestres suele preferirse como indicadores las plantas verdes porque tienen menor movilidad que otros organismos y conforman una suerte de "esqueleto" ambiental. La fitogeografía analiza la vegetación y sus relaciones con una serie de componentes no bióticas, como geomorfología, suelo, luz, altura, temperatura y precipitaciones. Cuando se estudian además sus asociaciones con la fauna y las comunidades humanas el enfoque es biogeográfico. Este fue el criterio utilizado por Ángel Cabrera y Abraham Willink para clasificar los ecosistemas terrestres de América del Sur (Cabrera & Willink, 1980). En su esquema existen unidades mayores que engloban unidades menores sucesivas: Regiones, Dominios, Provincias Biogeográficas y Distritos. Su importancia radica no solamente en la zonificación - válida para la década de 1970-1980- sino también como testigo de los violentos cambios ambientales que modificaron la estructura, organización y superficie de los ecosistemas naturales.

En este proceso de alteración es posible distinguir dos componentes básicas o de referencia: a) La componente de superficie original de un ecosistema dado y b) La componente de distribución de la biodiversidad existente en ese ecosistema original (cantidad de especies y de individuos por especie). La biodiversidad y la medición de sus valores (por ejemplo mediante uso del índice de Shannon-Wiener u otro) carecen de significado ecológico si no se las refiere a espacio: ubicación, superficie y volumen, y al tiempo.

Debe asumirse, pese a la repetición de los indicadores de un ecosistema dado (estructura, biodiversidad, clima) que cada fragmento (superficie, volumen) de ese ecosistema es único (Principio de Relatividad Biológica; Montenegro, 1999).

Aunque varios investigadores aluden a supuestas superficies que deberían conservarse "como mínimo" de cada ecosistema natural (respecto de su superficie original relativa) no hay estudios que permitan corroborarlo. Desde la perspectiva del Principio de Relatividad Biológica, toda superficie de ecosistema natural es única, y la decisión de ir destruyendo "partes" de un ecosistema natural mayor implica la destrucción de situaciones relativamente únicas. De allí que cualquier reducción de la superficie original de un ecosistema natural implique pérdida de biodiversidad, de información ecológica y de posibilidades de supervivencia del conjunto remanente y de sus partes. En un planeta como la Tierra, sometido a choques esporádicos de meteoritos y a la acción de eventuales especies plaga (como la nuestra), cuanto mayor sea la superficie de ecosistema terrestre con alta biodiversidad –y de ecosistemas acuáticos- mayor la probabilidad de supervivencia de la biodiversidad.

Debe tenerse en cuenta que la destrucción de los ambientes nativos implica fundamentalmente "decapitación" de las organizaciones ecológicas que están en la superficie y la conservación relativa del suelo y de las masas glaciares y periglaciales (que puede mantener dentro de ciertos límites, por reconstrucción "vertical", parte de la biodiversidad original del ecosistema decapitado).

A medida que los ecosistemas agrícolas establecidos sobre un antiguo ecosistema natural se mantienen año tras año, y el uso de procedimientos mecánicos y químicos mantiene bajos los niveles de biodiversidad "natural", dicho sistema se aleja progresivamente del ecosistema original. Se va consolidando de este modo un ambiente con estructura edáfica y arreglo de componentes abióticas muy simplificado. Si bien el sistema mantiene cierta "permeabilidad" al ingreso de biodiversidad natural, los subsidios externos de materiales y energía mantienen su simplicidad ecológica. Cuando cesa la conducta simplificadora sobre el sistema, éste comienza a desplegar – en función de la biodiversidad remanente y de la biodiversidad que alcanza el lugar- procesos de ecosucesión.

La destrucción de los ambientes nativos puede ser masiva respecto de un área original (topado de un matorral con posterior quema), o bien sufrir procesos de destrucción según el modelo "queso con agujeros". En una cierta superficie original de ecosistema nativo ("el queso") se generan sectores de destrucción, por ejemplo "n" parches destruidos separados entre sí ("los agujeros"), que rompen la continuidad anterior del sistema. Decimos entonces que el sistema (un ambiente de matorral o bosques ribereños) se fragmenta. Cuanto mayor sean las superficies destruidas y menores los fragmentos remanentes, menores las posibilidades del sistema de regenerarse por ecosucesión. En la mayor parte de los ecosistemas naturales de Argentina la fragmentación conduce hacia la destrucción final y masiva de esos ecosistemas.

Los ecosistemas naturales también pierden "continuidad" interna y sufren por lo tanto su propia fragmentación. La pérdida de individuos arbustivos o en cojín, por ejemplo, disminuye sensiblemente la "conquista vertical" del espacio y reduce la disponibilidad de lugares de vida. En situaciones de crisis los ambientes Altoandinos con buena densidad ecológica (la densidad ecológica puede definirse como la ocupación biótica de su volumen total: biomasa/volumen total del espacio) se "achatan" (pierde altura) y pierden densidad.

Existe por lo tanto fragmentación a nivel de la superficie ocupada por un ecosistema natural, y "fragmentación de biodiversidad" dentro de cada isla remanente. Al no existir equipos de trabajo que manejen la mayor parte de la biota de montaña y de valles montanos, dos sistemas con parecida fisonomía e incluso cobertura, pueden tener una biodiversidad más rica en un caso, y más empobrecida en el otro, sin que esto sea detectado por los investigadores.

Es importante recordar aquí el "Principio de Biogeografía de Islas" de Robert MacArthur y Edward O. Wilson, que establece una relación entre las tasas de colonización (inmigración), emigración y extinción en un área determinada (cf. MacArthur & Wilson, 1963, 1967; Williamson, 1981, 1989a, 1989b; Vargas & otros, 1999). En general se ha utilizado el número de especies como variable dependiente y como variables independientes el área insular, distancia al continente, altitud de las islas, heterogeneidad de hábitats, complejidad de la vegetación entre otras (Vargas & otros, 1999).

Un área determinada de ambiente nativo tiene y genera biodiversidad, y esta biodiversidad está relacionada con su superficie, altura, profundidad (edáfica) y volumen (total y de la biomasa). Cuando dicha área se encuentra rodeada por ambiente antrópicamente simplificado (como un área de explotación megaminera, cultivos industriales o fachinal muy degradado), y la distancia entre esta área y otra área natural aumenta en forma permanente, la "isla" pierde biodiversidad y se reducen los flujos usuales de genes que intercambiaba con áreas de ambientes equivalentes. Entonces continúa perdiendo biodiversidad, no solo por el "efecto isla" sino también porque las actividades de los vecinos generan sustancias biocidas (es el caso de cultivos donde se usan plaguicidas). Cuanto mayor sea la destrucción masiva de matorrales, estepas en cojín y pastizales y la fragmentación, mayor la pérdida de biodiversidad.

Lozano-Zambrano, Ulloa-Chacón & Armbrecht (2009) sostienen que la fragmentación del hábitat reduce la riqueza de especies y el tamaño de las poblaciones, pero indican que no todas las especies son igualmente afectadas (Didham & otros, 1998). Agregan que la teoría predice que las especies más afectadas por los procesos de la fragmentación son aquellas de niveles tróficos altos (Holt & otros, 1999), las especializadas en sus hábitats o en requerimientos para la alimentación (Lawton 1995), las especies con limitadas habilidades de dispersión (Thomas. 2000), las especies con rangos geográficos restringidos (Lawton, 1995) y las especies con baja densidad de población (Steffan-Dewenter & Tschamntke 2000).

En un ambiente de humedal (un río, un pantano) o de matorral (Provincia Biogeográfica del Monte por ejemplo), con biodiversidades semejantes a las originales, sus especies ("S") y las poblaciones de cada especie ("N": $N_1, N_2 \dots N_n$) definen una hipérbola equilátera donde las barras de la izquierda representan las especies dominantes y las barras más cortas de la derecha las especies raras. En un ambiente ecológicamente simplificado la hipérbola equilátera se "acorta" y se "achata", y como usualmente no se conoce la biodiversidad general (sólo la biodiversidad de los indicadores más conspicuos, por ejemplo árboles y arbustos) la pérdida de especies

raras, por ejemplo, suele pasar desapercibida. Y la capacidad de resistencia de un ecosistema natural está dada por ese particular arreglo entre dominantes y raras. Mientras la totalidad de los individuos de una especie le confieren diversidad genética (donde los riesgos son el exceso y la escasez de individuos), en un ecosistema la totalidad de especies le confiere biodiversidad específica y con una alta capacidad de adaptación incluso para situaciones no dominantes en la actualidad (éste es el aporte adaptativo de las especies raras) (Montenegro, 1999).

Lo más grave que le puede pasar a un ecosistema "cáscara", donde sobreviven los dominantes más conspicuos, es la pérdida del segmento de las especies raras de su hipérbola equilátera original. Cuanto menor sea la biodiversidad natural de un ecosistema balanceado, mayor su fragilidad. Ésto ocurre –por ejemplo- con los ambientes Altoandinos. Lamentablemente la mayor parte de los estudios ecológicos se concentran en las especies dominantes –lo cual es muy razonable cuando no hay recursos ni especialistas para otras áreas- pero aún en estos casos debe ser considerada "por aproximación" la importancia de las especies raras. Las especies raras –en realidad la hipérbola equilátera más larga y menos aplanada- son el seguro de supervivencia de cualquier ambiente balanceado. Existe una clara relación entre hipérbolas equiláteras "sanas" y mayor resistencia ambiental a disturbios.

Cuando en una región o un país se destruyen sus ambientes nativos y sólo quedan remanentes cada vez más empobrecidos de los suelos (edafones), o la componente abiótica de los ecosistemas acuáticos, la resistencia ambiental al disturbio de esos sistemas degradados y simplificados disminuye dramáticamente. Un ecosistema Altoandino con biodiversidad natural tiene más probabilidades de resistir un episodio de sequía cuando tiene una biodiversidad normal. Si se trata de un ambiente intervenido y con baja biodiversidad, su resistencia y la ulterior recuperación serán mucho más difíciles y lentas. En los ambientes fríos, por otra parte, el metabolismo de los organismos vivos es más bajo. Ésto reduce las velocidades de recuperación y cicatrización.

En aquellos ecosistemas de montaña con volúmenes, alturas y densidades ecológicas similares a las originales (ecosistemas balanceados de mayor biodiversidad) no sólo disminuye la erosión eólica e hídrica, sino que opone también mayor resistencia mecánica al viento, la nieve, el granizo y las gotas de lluvia, y conserva además una mayor humedad edáfica y atmosférica. Mientras que en un matorral parte de la radiación infrarroja de onda corta es "interceptada" por los sectores más altos de la vegetación, en un lugar desertificado artificialmente esa radiación, típicamente termógena, llega al suelo y libera allí toda su energía.

Cuando las superficies expuestas y sin vegetación nativa son muy grandes –naturalmente o por acción antrópica- la radiación Solar, el suelo y la atmósfera interactúan en forma extrema. La menor resistencia mecánica que ofrece un ecosistema Altoandino o de Puna a los vientos, la radiación Solar, la nieve, el granizo, las inundaciones o las sequías es un problema de envergadura que no se resuelve artificialmente. La degradación de estos ambientes tiene consecuencias dramáticas en términos de resistencia ambiental. Lamentablemente en Argentina no se ha desarrollado una estrategia de convivencia de ambientes nativos y de producción, ni de "parches" donde alternen ambientes nativos e intervenidos (mosaicos), sino reemplazo masivo y de gran superficie de los usos del suelo.

El caso más reciente y dramático es la destrucción completa de importantes superficies de ambientes nativos, sobre todo bosques, para el cultivo industrial de soja RR, algodón y arroz. Esto explica la casi desaparición de ecosistemas completos al

interior de algunas provincias, como el ambiente de la Estepa Pampeana o el Espinal en la provincia de Córdoba (Montenegro, 1987, 1999; Di Pace & otros, 1992).

Sin valor estadístico, pero en función de la experiencia de campo, el autor de este trabajo ha dejado de detectar –en ambiente de bosque chaqueño- las "marchas" de hormigas legionarias del género *Neivamyrmex*, y la presencia de especies características aunque no dominantes del bosque como *Anochetus* sp. (Dorylinae), *Zacryptocerus* sp. (Mymicinae), *Camponotus bonariensis* y *C. rufipes* (Formicinae). Dichas especies parecen haber desaparecido localmente de muchos sitios que aún conservan, sin embargo, la fisonomía del bosque serrano en Córdoba. También es posible que sus poblaciones se hayan vuelto extremadamente raras, y que resulte difícil su detección. Una especie insectívora del bosque chaqueño serrano como *Camponotus rufipes* no solo es afectada por la fragmentación excesiva sino también por la sobrecarga de ganado. El pisoteo de los animales destruye con facilidad sus nidos subterráneos de material vegetal seco.

Es interesante destacar que en la zona montañosa y de valles intermontanos el mantenimiento de la biodiversidad existente y la recuperación de la biodiversidad perdida estarían facilitados por el flujo de genes y especies desde los ambientes nativos próximos, en particular desde los menos alterados. Si la continuidad ecológica se interrumpe, la recuperación demanda mucho tiempo pues la biodiversidad y la ecodiversidad perdidas deben ser reconstruidas con aportes aleatorios y procesos sucesionales de distinta complejidad.

Es importante destacar, como ya lo sostuvimos en trabajos anteriores, que en un área determinada además de la diversidad de especies resulta de enorme importancia, para cada una de esas especies, la diversidad genética (cantidad de individuos) y la distribución de esa diversidad en la superficie (densidad de individuos). La fragmentación no solo afecta la diversidad específica, sino también su diversidad de genotipos/fenotipos en el espacio. Cuando la densidad de individuos decrece, la especie sigue desplegando su nicho ecológico en una cierta área geográfica, pero con una biodiversidad genética cada vez más pequeña. De allí que además de la fragmentación de ecosistemas y de biodiversidad específica también se registre fragmentación de la diversidad genética. La relación entre superficie ocupada por una especie y la cantidad de individuos por unidad de superficie en toda su área de distribución son fundamentales para el principio de Relatividad Biológica.

La reducción del área de vida de una especie y de sus densidades no son ecológicamente inofensivas, ni son "compensables" con el mantenimiento de esa misma especie con su propio valor poblacional y de densidad en otro sitio alejado del mismo ecosistema. La creación de áreas naturales protegidas solo atenúa a muy pequeña escala la degradación que sufren los ecosistemas balanceados. Convivir con ambientes naturales que tienen superficies, volúmenes y biodiversidades cada vez más reducidos es altamente peligroso a corto, mediano y largo plazo.

REFERENCIAS.

- Ahlbom, N. Day, M. Feychtin, E. Roman, J. Skinner, J. Dockeny, M. Lmet, M. McBride, J. Michaelis, J. H. Olsen, T. Tynes & P. K. Verkasalo. 2000. "A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia". *British Journal of Cancer*, vol. 83, pp. 692-698.
- Andalgalenses Autoconvocados. 2003. Andalgalenses Autoconvocados rechazan explotación del yacimiento Agua Rica. *Terratox News*, n° 32, 6 p.
- Cabrera, A, & A. Willink. 1980. "Biogeografía de América Latina". Ed. OEA, Washington, 120 p.
- CIMOP. 2009. "La gestión del agua y su infraestructura en el desarrollo sustentable del territorio". Ed. Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas (CIMOP), Buenos Aires, 346 p.
- Didham, R K; J.H. Lawton; P.M. Hammond & P. Eggleton. 1998. "Trophic structure stability and extinction dynamics of beetles (Coleoptera) in tropical forest fragments". *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 353, pp. 437-451.
- Di Pace, M. & otros. 1992. "La utopías del medio ambiente". Centro Editor de América Latina, Buenos Aires, 204 p.
- Dorst, J. 1967. "Considerations zoogéographiques et écologiques sur Oiseaux des hauts Andes". *Biol. Amer. Austr.*, Vol. 3, pp. 471-504.
- Ebi, K.L. 2002. "Electromagnetic fields". En: "Children's Health and environment. A review of evidence", Ed. G. Tamburlini, O. Von Ehrenstein y R. Bertollini. *World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe, Rome*, pp. 172-187.
- Factor, G. & J. Mengiardi. 1999. "Monitoreo de DAM en aguas superficiales y subterráneas". Tesis de la Maestría del Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica de Dinamarca, Instituto de Ciencias e Ingeniería Ambiental, Versión en Español, Catamarca, 91 p.
- Greenland, S., A.R. Sheppard, W.T. Kaune, C. Poole & M.A. 2000. "A pooled analysis of magnetic fields wire codes, and childhood leukemia. Childhood Leukemia-EMF Study Group". *Epidemiology*, vol. 11, n° 6, pp. 624-634.
- Hershkovitz, P. 1969. "The evolution of mammals in Southern Continents. VI. The recent mammals of the Neotropical Region. A Zoogeographical and Ecological Review". *Quart. Rev. Biol.*, Vol. 44, pp. 1-70.
- Holt, R.D.; J.H. Lawton; G.A. Polis & N.D. Martinez. 1999. "Trophic rank and the species-area relationship". *Ecology*, 80, pp. 1495-1504.
- Kusnezov, N. 1963. "Zoogeografía de las hormigas en Sudamérica". *Acta Zoológica Lilloana, Tucumán*, Vol. 19, pp. 25-186.
- Lawton, J.H. 1995. "Population dynamic principles". En: "Extinction rates", J.H. Lawton & R.M. May (Eds.), pp. 147-163, Oxford University Press, Oxford, 248 p.
- Lopretto, E.C. & G. Tell. 1995. "Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio". Ediciones del Sur, La Plata, 377 p.

Lozano-Zambrano, F.H.; P. Illoa-Chacón & I. Armbrrecht. 2009. "Hormigas: relaciones especies-área en fragmentos de bosque seco tropical". *Neotrop. Emtomol.*, Vol 38, n° 1, pp. 1-13.

MacArthur, R. & E.O. Wilson. 1963. "*Experimental Zoogeography of Islands: Defaunation and Monitoring Techniques*". *Evolution*, Vol. 17, n° 4, pp. 373-387.

MacArthur, R. & E.O. Wilson. 2001. "*The Theory of island Biogeography*". Ed. *Princeton University Press*, 224 p.

Margalef, R. 1977. "Ecología". Ed. Omega, Barcelona, 951 p.

Mazza, G.A. 1961. "Recursos hidráulicos superficiales". Serie Evaluación de los Recursos Naturales de la Argentina, Consejo Federal de Inversiones, Buenos Aires, Tomo 4, Vol. 1, pp. xiii + 459 p.

Montenegro, R.A. 1987. "La deforestación en la República Argentina". *Actas WRI/ELCI/ANCON*, Panamá, 5 p.

Montenegro, R.A. 1994. "Introducción a la ecología". Ed. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 141 p.

Montenegro, R.A. 1999. "Introducción a la ecología y la gestión ambiental". Ed. Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, 199 p.

Montenegro, R.A. 2002. "Informe sobre la medición de campos magnéticos en zonas con tendidos eléctricos y una subestación transformadora de Edesur en Ezpeleta, partido de Quilmes (Buenos Aires, Argentina). Consideraciones sobre los riesgos sanitarios y ambientales de los campos eléctricos y magnéticos". Ed. FUNAM y Cátedra de Biología Evolutiva Humana, Córdoba, 37 p. Existe una versión actualizada de 2009.

Montenegro, R.A. 2003. "Estudio sobre el impacto ambiental y sanitario de las minas de oro. El caso Cordón Esquel". Ed. FUNAM (Fundación para la Defensa del Ambiente) y Cátedra de Biología Evolutiva Humana, Córdoba, 13 p. Parte de este trabajo fue incluido en el libro: Svampa, M y M. Antonelli (Eds.). 2009. "Minería transnacional, narrativas del desarrollo". Ed. Biblos, Buenos Aires, pp. 281-284.
Ver: www.greenpeace.org/raw/content/argentina/contaminacion/minera-de-oro/estudio-sobre-el-impacto-ambie.pdf

Montenegro, R.A. 2004a. "*The 'Cocktail of Pollutants Principle' could help the explaining of complex health effects over large exposed populations*". *Proceedings, 3rd. International Conference on Children's Health and the Environment. London School of Hygiene and Tropical Medicine, University of London* (Gran Bretaña), p. 16.

Montenegro, R.A. 2004b. "*Latin American experiences in community based assessments. Joint works with Iruzaingo Anexo neighbors in Cordoba*". *Proceedings, 3rd. International Conference on Children's Health and the Environment. London School of Hygiene and Tropical Medicine, University of London* (Gran Bretaña), p. 31.

Ver también los trabajos: Montenegro, R.A. 2004. "Ituzaingó Anexo: un cóctel de contaminantes". *Diario La Voz del Interior*, Córdoba, p. 15 y Montenegro, R.A. 2004. "Impactos ambientales y sanitarios de las minas de uranio y de la planta de producción de dióxido de uranio en Córdoba (Dioxitek S.A.). Riesgos provocados por la reapertura

de la mina de Sierra Pintada y por la posible instalación en ese sitio de la planta de Dioxitek". Ed. FUNAM y Cátedra de Biología Evolutiva Humana, Córdoba, 110 p.

Montenegro, R.A. 2009a. "Las definiciones de glaciar y ambiente periglacial contenidas en la Ley Nacional n° 26.418 (derogada) son adecuadas para proteger ambos sistemas, y fundamentales para la conservación de los ecosistemas altoandinos y el funcionamiento de sus cuencas hídricas". Ed. FUNAM, Córdoba, 8 p. Este documento fue elaborado para su presentación ante la Corte Suprema de Justicia. Raúl Montenegro es el perito presentado por los Abogados Paulina Martínez y Andrés Gill Domínguez en la acción de amparo ambiental "*contra la omisión inconstitucional en la que incurre el Estado Federal al omitir sancionar o promulgar normativa que establezca los presupuestos mínimos de protección de los glaciares y ambientes periglaciales*" iniciada desde la Multisectorial del Sur (San Rafael, Mendoza, 22 de mayo de 2009).

Montenegro, R.A. 2009b. "El impacto ambiental y social de minera Alumbrera sobre cinco provincias de Argentina. Antecedentes de violación a normativa vigente y derechos humanos por parte de Alumbrera Limited y sus gerencadoras (Xstrata Copper, Goldcorp Inc y Yamana Gold). Pedido de rechazo de los fondos procedentes de YMAD destinados a Universidades Nacionales. Documento para las Universidades Públicas". Ed. Cátedra de Biología Evolutiva Humana y FUNAM, Córdoba, 47 p.

Montenegro, R.A. 2010. "Protocolo para la determinación de la posible asociación entre fuentes ambientales de riesgo y salud en la zona de Bouwer-Potrero del Estado (Córdoba, Argentina)" Ed. Cátedra de Biología Evolutiva Humana y FUNAM, Córdoba, 42 p.

Montenegro, R.A. & C. Stephens. 2006. "*Indigenous Health in Latin America and the Caribbean*". The Lancet, Vol. 367, pp. 1859-1869.

Montenegro, R. A. & otros. 2006. "Trabajo de revisión Técnica sobre el Informe Manifestación General de Impacto Ambiental [Sierra Pintada]". Gestión de residuos en disposición transitoria presentado por la Comisión Nacional de Energía Atómica al Gobierno de Mendoza. Informe elaborado para la Multisectorial del Sur, San Rafael, Mendoza, 107 p.

Morello, J. & J. Adámoli. 1968. "Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino. Primera Parte: Objetivos y Metodología". INTA, Buenos Aires, Serie Fitogeografía, n° 10, pp. 1-125.

Morillo, J. 1958. "La provincia fitogeográfica del Monte". Opera Lilloana, Tucumán, Vol. 2, pp. 1-155.

Napolitano, D. & R.A. Montenegro. 2007. "*Chapter 4, Latin America*". In: "*An Overview of Current Knowledge of the Social Determinants of Indigenous Health*", *Symposium on the Social Determinants of Indigenous Health*, Adelaide, Australia, 29-30 April 2007: Ed. C. Nettleton, D. Napolitano & C. Stephens, London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, pp. 27-45. Total: 141 p.

Odum, E. 1972. "Ecología". Ed. Interamericana, México, 639 p.

Olrog, C.C. 1963. "Lista y distribución de las Aves Argentina". Opera Lilloana, Tucumán, Vol. 9, pp. 1-377.

Olrog, C.C. 1968. "Las Aves Sudamericanas". Instituto Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, Vol. 1, 507 p.

Rights Action. 2009. "On-Going Environmental Disaster in the Siria Valley, Desíte Closure of the Goldcorp Inc's 'Entre Mares' mine". *Rights Action*, May 26th 2009, 3 p.
Ver: www.rightsaction.org/articles/goldcorp_environment_060409.html

Sanindtec. 1953. "Estudios realizados para Agua y Energía sobre el río Jáchal. Período 1950-1953". Sanindtec, Buenos Aires. Citado por Mazza (1961).

Spironello, M. & D.R. Brooks. 2003. "Dispersal and diversification: macroevolutionary of the MacArthur-Wilson model, ilustrated by *Simulium (Inseliellum) Tubstov (Diptera: Simuliidae)*". *Journal of Biogeography*, vol. 30, n° 10, pp. 1563-1573.

Strong, D.R. & J.R. Rey. 1982. "Testing for Mac Arthur-Wilson Equilibrium with the Arthropods of the Miniature *Spartina* Archipelago at Oyster Bay, Florida". *American Zoologist*, vol. 22, n° 2, pp. 355-360.

SMN. 2010. Página Web de la Secretaría de Minería de la Nación. [Capítulo] Provincia de San Juan, Recursos Hídricos. Ver la página Web: www.mineria.gov.ar/estudios/irn/snjuan/g-41a.asp

Steffan-Dewenter, I & T. Tschardt. 2000. "Butterfly community structure in fragmented habitats". *Ecol. Lett.*, 3, pp. 449-456.

Tamburlini, G., O.S. von Ehrenstein & R. Bertollini (Editores). 2002. "Children's health and environment: a review of evidence". *World Health Organization, Regional Office for Europe, Rome*, 223 p.

Tansley, A.G. 1935. "The use and abuse of vegetational concepts and terms". *Ecology*, 16, pp. 284-307.

Terracini, B. 2002. "Cancer". En: "Children's Health and environment. A review of evidence", Ed. G. Tamburlini, O. Von Ehrenstein & R. Bertollini. *World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe, Rome*, pp. 79-98.

Thomas, C.D. 2000. "Dispersal and extinction in fragmented landscapes". *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 267, pp. 139-146.

Vargas, J.M.; J.C. Guerrero; R. Real; J. Olivero & A.L. Márquez. 1999. "Métodos de interpretación de los procesos de colonización en las islas Canarias: el caso de los Tenebriónidos (Coleoptera, Insecta)". *Bol. S.E.A.*, n° 26, pp. 583-592.

Vázquez, J.B. & otros. 1979. "Aguas". En: "Geografía Física de la Provincia de Córdoba". Ed. Boldt, Córdoba, pp. 139-212.

Williamson, M. 1981. "Island Populations". Oxford University Press, Oxford.

Williamson, M. 1989a. "Natural extinctions on islands". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. B*, 325, pp. 457-468.

Williamson, M. 1989b. "The MacArthur and Wilson theory today: true but trivial". Guest Editorial, *J. Biogeogr*, 16, pp. 3-4.

Wikipedia. 2010. "Río Jáchal". Ver la página Web: http://fr.wikipedi.org/wiki/R%C3%ADO_J%C3%A1chal

La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de “Grupo de Ciudadanos de Jáchal”, y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista de la Unión Europea.



Este proyecto está financiado
por la Unión Europea

“La Unión Europea está formada por 27 Estados miembros que han decidido unir de forma progresiva sus conocimientos prácticos, sus recursos y sus destinos. A lo largo de un período de ampliación de 50 años, juntos han constituido una zona de estabilidad, democracia y desarrollo sostenible, además de preservar la diversidad cultural, la tolerancia y las libertades individuales. La Unión Europea tiene el compromiso de compartir sus logros y valores con países y pueblos que se encuentren más allá de sus fronteras”.

<http://europa.eu/>

http://ec.europa.eu/europaid/index_es.htm

<http://www.delarg.ec.europa.eu/index.htm>



*“Esta publicación es posible gracias a la financiación proveniente del Fondo de Respuesta correspondiente al Proyecto **Fortalecimiento de los Actores de la Sociedad Civil para el ejercicio del derecho al agua y el control social de la actividad minera en la región de Cuyo y NOA.**”*

<http://www.farn.org.ar/mineriayagua/index.html>