

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. PROPUESTA METODOLÓGICA EXPEDITIVA Y ESTUDIO DE CASO EN LA RESERVA ALTOANDINA LAGUNA DEL DIAMANTE, ARGENTINA

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT. METODOLOGICAL EXPEDITIVE PROPOSAL AND CASE STUDY IN THE HIGH-ANDEAN RESERVE LAGUNA DEL DIAMANTE, ARGENTINA

E. MARTINEZ CARRETERO, C. BORGI, A. DALMASSO Y R. CANDIA

IADIZA, CC 507, 5500 Mendoza Argentina

RESUMEN

Se propone una metodología cuali-cuantitativa, expeditiva, para evaluar el impacto ambiental por la construcción de un gasoducto internacional en la Reserva Laguna del Diamante. La metodología, si bien es descriptiva, permite alcanzar resultados prescriptivos sobre determinadas acciones.

SUMMARY

A quali-quantitative expeditive methodology is proposed to evaluate the environmental impact due to the pipeline in the Reserve Laguna del Diamante. This methodology as well is descriptive allows to reach prescriptions on some actions.

INTRODUCCIÓN

Por Impacto Ambiental se entiende al efecto que una determinada acción directa del hombre sobre el sistema natural produce sobre sus componentes (agua, suelo, flora, fauna, paisaje, etc.). Los efectos

de esta acción pueden aplicarse sobre uno o varios componentes, modificando su estructura y/o función (Estruch García, 1992).

La Evaluación de Impacto Ambiental comprende el estudio técnico que tiende a prevenir los efectos que las actividades humanas (Proyectos) pueden producir sobre el medio. Es un procedimiento técnico-administrativo-jurídico, analítico, que tiende a formar un juicio lo más objetivo posible sobre las consecuencias que pueden derivar de la ejecución de un determinado proyecto. La valoración del impacto ambiental es la etapa final del estudio ambiental y tiende a transformar las unidades heterogéneas, de cada variable analizada, en unidades homogéneas de impacto (Coneza Fernández *et al.*, 1993).

Los estudios de evaluación de impacto ambiental pueden ser descriptivos, cuando sólo proveen información sobre el sistema natural, o prescriptivos cuando, además de la información básica, alcanzan conclusiones sobre restricciones

de usos. También pueden desarrollarse de manera cualitativa (matriz de Leopold) o cuantitativa (Método del Instituto Batelle-Columbus) (Bolea, 1984). Por otra parte, desde el punto de vista de los entes de financiamiento se reconocen dos tipos de análisis ambientales: las evaluaciones para Proyectos específicos: que analizan casos concretos de inversión que presentan problemas ambientales relevantes; y las evaluaciones ambientales Regionales y Sectoriales: en donde distintas actividades de desarrollo presentan impactos potencialmente acumulativos (Banco Mundial, 1989). De acuerdo con Warner & Preston (1994) y Duek (1993) los métodos pueden catalogarse como: Mapas de superposición, Matrices, Índices y Modelaje. La matriz de Leopold (Leopold *et al.*, 1971) es de tipo matricial, mientras que el Método Batelle-Columbus (Dee *et al.*, 1972) y el del Camino Óptimo (Odum *et al.*, 1971) son de tipo índice. Los matriciales son los más comunes pero presentan la dificultad de las consideraciones temporales.

A partir de 1969 cuando en EEUU, primer país en establecer un marco legal ambiental, se crea la Agencia Nacional de Política Ambiental (NEPA), casi todos los países han comprendido la necesidad de regular las diferentes actividades humanas en un marco de mínimo deterioro ambiental. De esta forma numerosos métodos han sido propuestos para evaluar las implicancias ambientales de los diferentes proyectos. La provincia de Mendoza recién en 1992 promulga la Ley 5961, donde en su Capítulo V se consagra la necesidad de la evaluación de impacto ambiental (tanto a nivel provincial como municipal) previéndose además la figura

del amparo ambiental de manera de prevenir judicialmente acciones perjudiciales al ambiente (Salas, 1995).

METODOLOGÍA

Área de estudio

La Reserva Natural Laguna del Diamante se ubica a los 34°10'LS y 69° 41' LW, en ambiente altoandino con precipitación media anual de 500 mm (incluyen las precipitaciones sólidas). Los suelos son superficiales, con congelamiento en gran parte del año y de acuerdo con Karte *et al.* (1981) presentan selección vertical, crioclastesis y permafrost esporádico. Florísticamente dominan los elementos altoandinos como *Adesmia pinifolia*, *Poa holciformis*, *Junellia uniflora*, *Stipa chrysophylla*, *Pernettya mucronata*, *Oreopolus glacialis*, etc. En las vegas son comunes *Oxychloe andina*, *Festuca desvauxii*, *F. argentina*, *Eleocharis albibracteata*, *Werneria pygmaea*, entre otras. En la fauna se destaca *Lama guanicoe*, *Chelemys macronyx*, *Akodon xanthorhinus*, *Akodon longipilis* y *Akodon andinus* entre otros. Esta área fue declarada Reserva Natural en 1994, abarcando una superficie de 31.370 ha. La laguna constituye un importante reservorio de agua dulce, del cual nace el río Diamante.

Para el estudio de impacto ambiental de la traza del gasoducto Argentina-Chile se desarrolló una metodología expeditiva, cuali-cuantitativa descriptiva, que permitió alcanzar propuestas prescriptivas sobre determinadas acciones. Esta metodología no contempla la probabilidad de ocurrencia de un impacto.

Para ello se definieron *Atributos ambientales*: Agua, Suelo, Flora y Vegetación, Fauna, Unidades de paisaje y Patrimonio cultural. Cada atributo se dividió en *Variables ambientales*, por ejemplo Agua: superficial permanente, superficial temporaria, calidad, etc.; Suelos: estabilidad de taludes, textura, etc.; Vegetación: cobertura de leñosas, cobertura de herbáceas, biomasa, etc. (Tabla 1).

En la primera etapa, cualitativa, se estableció una escala arbitraria de impacto entre bajo (B), medio (M) y alto (A); el carácter del mismo como transitorio (t) y permanente (p) y su signo, positivo (+) o negativo (-). Esta etapa es resuelta por diversos especialistas considerando las acciones del proyecto en tres períodos: construcción, operación y rehabilitación (Tabla 1).

En la segunda etapa, cuantitativa, se estableció una escala numérica, subjetiva, de valor de impactos entre -20 y +20, con intervalos de 5. A partir de la matriz cualitativa se elabora la matriz cuantitativa de interacciones (Tablas 2 y 3).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Cálculos a partir de la matriz cuantitativa

Con el fin de normalizar el peso relativo de cada columna en que se dividieron los impactos negativos (Construcción-Operación) y positivos (Rehabilitación), se relativizó cada conjunto de acciones respecto de 100, de esta manera cada una de las 15 columnas de impactos negativos posee un peso relativo de 7,7 y las de positivos 25. Con estos valores se construye la Tabla 3.

Posteriormente se calcula el valor de importancia relativa (V.I.R.) de cada conjunto de acciones, por atributo (filas); para ello se emplea la fórmula:

$$V.I.R. j = [\pm \sum((\sum i) + \sum(j)) / \sum ij] * 100$$

$$V.I.R. i = [\pm \sum((\sum j) + \sum(i)) / \sum ji] * 100$$

donde:

$\sum i$ = suma de los valores de las acciones de Construcción-Operación

$\sum j$ = suma de los valores de las acciones de Rehabilitación

Se obtienen así dos valores por atributo, para i y j; de la suma algebraica de ambos resulta el valor de importancia relativa de ese atributo.

$$V. I.R. \text{ atributo} = \pm \sum(i+j)$$

De esta manera por cada atributo se calcula:

$$a) V.I.R. \text{ rehabilitación} = \pm \sum[(((\text{Constr.}-\text{Oper.})+(\text{Rehab.}))/(\text{Constr.}-\text{Oper.})) * 100$$

$$b) V.I.R. \text{ construcción-operación} = \pm \sum[(((\text{Constr.}-\text{Oper.})+(\text{Rehab.}))/(\text{Rehab.})) * 100$$

$$V.I.R. \text{ atributo} = \pm \sum(a+b)$$

Se obtiene así un valor de importancia relativa de las diferentes acciones según cada atributo considerado en la matriz de impactos, además del valor de importancia (V.I.A.) y el porcentaje de importancia (P.I.A.) de cada atributo (Tabla 4).

Grado de impacto

El cálculo del Grado de impacto, se efectúa a partir de la matriz cuantitativa y considerando que el máximo daño posible por atributo alcanza el valor de 100.

Es decir, equivaldría a tener todas las celdas llenas con un valor máximo negativo de 20. De esta manera, la suma de los valores asignados originalmente por cada especialista significan un porcentaje de ese total. De ello resultan los valores de la Tabla 5, ordenados por acción.

Temporalidad de las acciones

Considerando que las diversas acciones han sido evaluadas como transitorias o permanentes, tanto en las etapas de Construcción-Operación como de Rehabilitación, el análisis de la matriz cualitativa (Tabla 1) permite conocer en qué proporción inciden cada una de las acciones sobre los atributos considerados (Agua, Geología, etc.). Así por ejemplo, para el atributo agua, el 85% de las acciones negativas (Construcción-Operación) se consideran de incidencia transitoria y el 15% restante de incidencia permanente; mientras que de las acciones positivas (Rehabilitación) sólo el 7% serían de carácter transitorio y el resto permanente. Para el caso del atributo fauna, las acciones negativas se consideran únicamente de carácter transitorio; mientras que el 50% de las acciones de rehabilitación serían transitorias (Tabla 6).

El método expeditivo desarrollado permitió una evaluación cuali-cuantitativa de la incidencia de las acciones sobre cada atributo a través de un valor relativo comparativo (grado de impacto); además, establecer el carácter temporal o permanente del impacto.

También permitió categorizar la potencial efectividad de las medidas de prescripción propuestas en las acciones de rehabilitación. De esta manera se pueden

evaluar esas medidas en cuanto a que mejoren el diseño del proyecto, permitan la recuperación de impactos inevitables y favorezcan la vigilancia ambiental durante el desarrollo del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Francisco del Valle Tendero (Univ. de Granada) y al Ing. F. Roig (IADIZA) por la lectura del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- BANCO MUNDIAL, 1989. Manual Operacional del Banco Mundial. Directiva Operacional. DO 4.00-Anexo A, 6 pp.
- BOLEA, E., 1984. Evaluación del Impacto Ambiental. MAPFRE, Madrid.
- CONESA FERNANDEZ, V., V. ROS GARRO, V. CONESA RIPOLI y L. A. CONESA RIPOLI, 1993. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Mundi Prensa Ed. 276 pp.
- DEE, N., J. K. BAKER, N. L. DROBNY, K. M. DUKE & D. C. FAHRINGER, 1972. Environmental Evaluation System for Water Resource Planning. Final report. Columbus, Ohio: Batelle Columbus Laboratories (PB-208 822).
- DUEK, J., 1993. Métodos para la Evaluación de Impactos Ambientales Incluyendo Programas Computacionales. CIDIAT, Venezuela, 86 pp.
- ESTRUCH GARCÍA, X., 1992. Las evaluaciones de impacto ambiental en los estudios de paisaje. pág. 171-189. En: Ma. de Bolós (Ed.) Manual de Ciencia del Paisaje, 273 pp. Masson.
- KARTE J. & LIEDKE H., 1981. The theoretical and practical definition of the term «Periglacial» in its geographical and geological meaning. Biuletyn Peryglacialny 28: 123-135.

- LEOPOLD, L. B. F. E. CLARKE, B. B. HANSHAW & J. R. BALSLEY, 1971. A procedure for evaluating environmental impact. Geological Survey. Circ. 645, G.O.P., Washington DC, 13 pp.
- ODUM, E. P., J. C. ZIEMAN, H..H. SHUGART, G. A. BRAMLET, A. IKE & J. R.
- CHAMPLIN, 1971. Optimum Patway Matrix. Analysis Approach to the Environmental Decision Making Process. Testcase: Relative Impact of Proposed Higway Alternates. Institute of Ecology, University of Georgia. Athenas, Georgia, 32 pp. (mimeography).
- RODRÍGUEZ SALAS, A., 1995. El derecho ambiental y la ley general del ambiente de Mendoza, pág. 277-292. In: Martinez Carretero, E. y A. Dalmasso (Eds.) Mendoza Ambiental, 294 pp.
- WARNER, M. L. & E. H. PRESTON, 1974. Review of Environmental Impact Assesment Methodologies. Washington, DC: US Environmental Protection Agency.

**MATRIZ
CUALITATIVA
DE
INTERACCION**

**Acciones de la
Obra /Ambiente Natural**

		Naturaleza y características de la acción de la propuesta																
		Acciones de Construcción							Acciones de Operac.			Acciones de Rehabilit.						
		a. Apertura de la pista	a. Apertura de caminos y sendas auxiliares	c. Zanjeo	d. Distribución	e. Tapado de cañería	f. Edificaciones permanentes	g. Edificaciones transitorias	h. Puentes temporarios y estructuras auxiliares	i. Playas de asentamiento	j. Ruidos	a. Tránsito para control de repoblación natural (flora y fauna)	b. Tránsito de vehículos livianos	c. Tránsito de camiones	a. Rehabilitación de las laderas	b. Vega	c. Mitigación para recuperación de la cobertura vegetal	d. Obras de arte contra erosión hídrica
Características del ambiente actual	1. Agua																	
	aguas superficiales permanentes	-Mt	-Mt	-At					-Bt							+Bp	+Bp	+Bp
	aguas superficiales temporarias	-Mt	-Mt	-At											+Ap	+Bp	+Mp	+At
	calidad de agua	-Bt																
	régimen de aguas subterráneas	-Mp		-Mt											+Mp	+Mp	+Mp	+Mp
	drenaje	-Mt	-Mt	-At											+Mp	+Mp	+Mp	+Mp
	2. Geología																	
	diversidad / razgos especiales			-Bp														
	meteorización física o química			-Bp	-Bt													
	derrumbes	-Bt	-Bt	-Bt	-Bt											+Bp	+Bp	
	3. Suelos																	
	erosión (eólica e hídrica)	-At	-Mt	-At	-Mt					-Bt			-Bp	-Bp	+Mp			+Ap
	estabilidad de taludes	-At	-Mt	-At	-Mt							-Bp	-Bp	-Bp	+Mp			+Mp
	estructura del suelo			-Bt														-Bp
	4. Vegetación																	
	vegetación leñosa en cojín (cobertura)	-Ap	-Ap	-Bp	-Bt					-At						+Bt	-Bt	-Bp
	vegetación herbácea (cobertura)	-Ap	-Ap	-Bp	-Bt					-Mt						+Ap	-Bt	-Bp
	diversidad (especies y espacial)	-Ap	-Mt		-Bt					-Mt						+Bp	-Bt	-Bp
	biomasa vegetal	-Mt	-Mt	-Mt	-Bt					-Mt						+Bp	-Bp	-Bp
	5. Fauna																	
	fauna micromamíferos (diversidad/densidad)	-Mt					-Mt	-Mt		-Bt	-Bt	-Bt	-Bt	-Bt	-Bt	+Mp	-Bt	
	fauna macromamíferos (diversidad/densidad)	-Mt		-Mt			-Mt	-Mt		-Mt	-Bt	-Bt	-Bt	-Bt	-Bt	250		
	herpetofauna (diversidad)	-Bt		-Bt			-Bt	-Bt			-Bt	-Bt	-Bt	-Bt		+Mp	-Mt	
											-Mt	-Bt	-Bt	-Bt		+Mp		
																+Mp		
	6. Unidades ambientales / Paisaje																	
	escoriales	-Bt	-Bt	-Mt		-Bt												+Bp
	vegas, mallines	-Bt		-Mt	-Bt	-Mt										+Mp	+Mp	
laderas	-Ap	-At	-At		-Mt						-Bt	-Bt	-Bt	+Mp		+Mp	+Mp	
planicie ondulada	-Ap	-At	-at		-Mt						-Bt	-Bt	-Bt	+Mp		+Mp	+Mp	
7. Uso de la tierra y capacidad de uso																		
ecoturismo	-Bt	-Bt	-Bt	-Bt	-Bt					-Mt	-Bt	-Bt	-Bt	+Bp	+Mp	+Mp	-Mp	
8. Patrimonio cultural																		
signos	-Bp	-Bp	-Bt															

Tabla 1. Atributos y variables ambientales. Matriz cualitativa

Table 1. Environmental attributes and variables. Qualitative matrix

MATRIZ
CUANTITATIVA
DE
INTERACCION

Acciones de la
Obra /Ambiente Natural

Naturaleza y características de la acción de la propuesta

	Acciones de Construcción										Acciones de Operac.			Acciones de Rehabilit.				
	a. Apertura de la pista	a. Apertura de caminos y sendas auxiliares	c. Zanjeo	d. Distribución	e. Tapado de cañería	f. Edificaciones permanentes	g. Edificaciones transitorias	h. Puentes temporarios y estructuras auxiliares	i. Playas de asentamiento	j. Ruidos	a. Tránsito para control de repoblación natural (flora y fauna)	b. Tránsito de vehículos livianos	c. Tránsito de camiones	a. Rehabilitación de las laderas	b. Vega	c. Mitigación para recuperación de la cobertura vegetal	d. Obras de arte contra erosión hídrica	
Características del ambiente actual	1. Agua																	
	aguas superficiales permanentes	10	10	15				5							5	5	20	
	aguas superficiales temporarias	10	10	20										20	10	10	20	
	calidad de agua	5																
	régimen de aguas subterráneas	15		15										10	10	15	20	
	drenaje	15	15	15										15	15	15	20	
	2. Geología																	
	diversidad / razgos especiales		5															
	meteorización física o química		5	5														
	derrumbes	5	5	5		5								5		5		
	3. Suelos																	
	erosión (eólica e hídrica)	20	20	5		15			5		5	5	5	15				20
	estabilidad de taludes	20	10	10		5					5	5	5	15				15
	estructura del suelo			5														5
	4. Vegetación																	
	vegetación leñosa en cojín (cobertura)	20	20	5		5			20					5		5	5	
	vegetación herbácea (cobertura)	20	20	5		5			10						20	5	5	
	diversidad (especies y espacial)	20	15			5			10					5		5	5	
	biomasa vegetal	15	15	15		5			10					5		5	5	
	5. Fauna																	
fauna micromamíferos (diversidad/densidad)	10					10	10		5	5	5	5	5	5	15	10		
fauna macromamíferos (diversidad/densidad)	15		15			20	15		10	5	5	5	5	5	10			
herpetofauna (diversidad)	5		5			5	5			5	5	5			10	10		
									10	5	5	5			10			
															10			
6. Unidades ambientales / Paisaje																		
escoriales	5	5	10		5												5	
vegas, mallines	5		10	5	10									15	10			
laderas	20	20	20		15					5	5	5	15		15	15		
planicie ondulada	20	20	20		15					5	5	5	15		15	15		
7. Uso de la tierra y capacidad de uso																		
ecoturismo	5	5	5	5	5				10	5	5	5	10	5	10	10		
8. Patrimonio cultural																		
signos	5	5	10															

Tabla 2. Matriz cuantitativa de interacciones (escala en el texto)
Table 2. Quantitative matrix of interactions (scale in text)

**MATRIZ
CUANTITATIVA
DE
INTERACCION**

**Acciones de la
Obra /Ambiente Natural**

		Naturaleza y características de la acción de la propuesta																	
		Acciones de Construcción										Acciones de Operac.		Acciones de Rehabilit.					
		a. Apertura de la pista	a. Apertura de caminos y sendas auxiliares	c. Zanjeo	d. Distribución	e. Tapado de cañería	f. Edificaciones permanentes	g. Edificaciones transitorias	h. Puentes temporarios y estructuras auxiliares	i. Playas de asentamiento	j. Ruidos	a. Tránsito para control de repoblación natural (flora y fauna)	b. Tránsito de vehículos livianos	c. Tránsito de camiones	a. Rehabilitación de las laderas	b. Vega	c. Mitigación para recuperación de la cobertura vegetal	d. Obras de arte contra erosión hídrica	
Características del ambiente actual	1. Agua																		
	aguas superficiales permanentes	77	77	115					38								125	125	250
	aguas superficiales temporarias	77	77	154												500	125	250	500
	calidad de agua	38																	
	régimen de aguas subterráneas	115		115												250	250	375	500
	drenaje	115	115	115												375	375	375	500
	2. Geología																		
	diversidad / razgos especiales		38																
	meteorización física o química		38	38															
	derrumbes	38	38	38		38										125	125		
	3. Suelos																		
	erosión (eólica e hídrica)	154	115	154		115				38			38	38		375			500
	estabilidad de taludes	154	77	77		38						38	38	38		375			375
	estructura del suelo			38															125
	4. Vegetación																		
	vegetación leñosa en cojín (cobertura)	154	154	38		38				154						125		125	125
	vegetación herbácea (cobertura)	154	154	38		38				77						500		125	125
	diversidad (especies y espacial)	154	115			38				77						125		125	125
	biomasa vegetal	115	115	115		38				77						125		125	125
	5. Fauna																		
	fauna micromamíferos (diversidad/densidad)	77				77	77			38	38	38	38	38	125	375	250		
	fauna macromamíferos (diversidad/densidad)	115		115		154	115			77	38	38	38	38	125	250			
	herpetofauna (diversidad)	38		38		38	38					38	38	38		250	250		
										77	38	38	38			250			
																250			
	6. Unidades ambientales / Paisaje																		
	escoriales	38	38	77		38													125
	vegas, mallines	5		77	38	77											375	250	
laderas	154	154	154		115						38	38	38		375		375	375	
planicie ondulada	154	154	154		115						38	38	38		375		375	375	
7. Uso de la tierra y capacidad de uso																			
ecoturismo	38	38	38	38	38				77	38	38	38		250	125	250	250		
8. Patrimonio cultural																			
signos	38	38	77																

Tabla 3. Matriz cuantitativa normalizada de pesos relativos
Table 3. Normalysed matrix of relative weights

Tabla 4. Valor de importancia relativa y porcentaje de importancia, por atributo
Table 4. Relative importance value and importance percentage, by attribute

Atributo	Sum i	Sum j	Sum alg ij	V.I. rel. i	V.I. rel. j	V.I.A.	P.I.A.
Agua	1228	4875	6143	126	484	610	18
Geología	266	250	516	206	194	400	12
Suelo	1150	1750	2900	166	252	418	13
Vegetación	1842	875	2718	311	147	458	14
Fauna	1491	625	2116	339	142	480	14
Paisaje	1803	3000	4803	160	266	426	13
Uso tierra	381	125	506	405	133	538	16
Patr. cult.	154	0	154	-	-	-	-

Tabla 5. Grado de importancia relativa de las acciones de Construcción-Operación y de Rehabilitación de cada atributo

Table 5. Grade of relative importance of the Construction-Operation and Rehabilitation activities of each attribute

Atributo	Acciones negativas (Constr.-Operac.) (%)	Acciones positivas (Rehabilitación) (%)
Agua	12	48
Geología	4	4
Suelos	19	29
Vegetación	23	14
Fauna	14	6
Paisaje	22	30
Uso de la tierra	19	6

Tabla 6. Incidencia proporcional de la temporalidad de las acciones

Table 6. Proportional participation of the temporality of the actions

Atributo		Acciones negativas (Constr.-Operac.) (%)	Acciones positivas (Rehabilitación) (%)
Agua	temporal	85	7
	permanente	15	93
Geología	temporal	72	-
	permanente	28	100
Suelos	temporal	63	-
	permanente	37	100
Vegetación	temporal	67	41*
	permanente	33	59
Fauna	temporal	100	50**
	permanente	-	50
Paisaje	temporal	91	-
	permanente	9	100
Patrimonio cultural	temporal	33	-
	permanente	67	-

* El 80% de las acciones tienen incidencia temporalmente negativa

** El 100% de las acciones tienen incidencia temporalmente negativa