



# UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

## TESIS DOCTORAL

Título
<b>La evaluación estratégica del impacto paisajístico en los pasivos mineros y su rentabilidad ambiental</b>
Autor/es
<b>José Antonio Calzada Jiménez</b>
Director/es
Eliseo Pablo Vergara González
Facultad
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial
Titulación
Departamento
Ingeniería Mecánica
Curso Académico
2013-2014



**La evaluación estratégica del impacto paisajístico en los pasivos mineros y su rentabilidad ambiental**, tesis doctoral  
de José Antonio Calzada Jiménez, dirigida por Eliseo Pablo Vergara González (publicada por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

© El autor  
© Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2014  
publicaciones.unirioja.es  
E-mail: publicaciones@unirioja.es

# LA EVALUACIÓN ESTRATÉGICA DEL IMPACTO PAISAJÍSTICO EN LOS PASIVOS MINEROS Y SU RENTABILIDAD AMBIENTAL

José Antonio Calzada Jiménez

Imagen de cubierta: fotografía del río Loreto, Iquitos (Perú)

Edición: marzo de 2014

*“El medioambiente, es un activo universal que es necesario protegerlo, valorarlo y explotarlo adecuadamente, para nuestra subsistencia y de las futuras generaciones. Su agotamiento puede conllevar la extinción de la vida en nuestro planeta”*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### Contenido

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	4
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	7
TABLAS .....	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	15
1.1 EL PROYECTO MINERO Y SUS PASIVOS AMBIENTALES.....	16
1.1.1 EL ESTUDIO TÉCNICO, ECONOMICO Y AMBIENTAL .....	17
1.1.2 LAS FASES DE OPERACIÓN DEL PROYECTO MINERO .....	19
1.1.3 LAS ACTIVIDADES Y ACCIONES MINERAS.....	22
1.1.4 EL PAISAJE MINERO .....	25
1.1.5 LOS PASIVOS MINEROS DEL PROYECTO.....	33
1.1.6 LA ESTADISTICA EN LA VALORACIÓN PAISAJISTICA .....	62
1.2 LOS ANTECEDENTES AMBIENTALES .....	66
1.2.1 EL MARCO LEGISLATIVO EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL .....	71
1.3 EL FACTOR DE RENTABILIDAD AMBIENTAL SOSTENIDA.....	72
1.4 EL PAISAJE, EL PROYECTO Y EL SISTEMA PAISAJÍSTICO .....	74
1.4.1 LA DEFINICIÓN DEL PAISAJE .....	75
1.4.2 LA ARQUITECTURA DEL PAISAJE.....	79
1.4.3 LOS CONDICIONANTES DE FRAGILIDAD DEL PAISAJE .....	104
1.4.4 LAS FORMAS DE VALORACIÓN DEL PAISAJE .....	117
1.4.5 LOS EFECTOS DEL PROYECTO EN EL PAISAJE.....	120
1.4.6 LOS FACTORES AMBIENTALES DEL PROYECTO.....	124
1.4.7 LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN AMBIENTAL.....	126
1.4.8 LA VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS PAISAJISTICOS .....	138
1.4.9 LA MAGNITUD FÍSICA DE LA ACCION DEL PROYECTO .....	150
1.4.10 LA VALORACIÓN DE LAS MEDIDAS RESTAURADORAS .....	167
1.5 LA SINTESIS METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN .....	173
1.5.1 LA METODOLOGIA DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....	175

1.5.2 LA FICHA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO .....	179
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	182
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE.....	184
2.1 LOS FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	185
2.1.1 LA MOTIVACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	189
2.1.2 LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	193
2.1.3 LA HIPOTESIS DE TRABAJO .....	194
2.2 EL PAISAJE Y EL ESTADO ACTUAL DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL .....	195
2.2.1 LA EVALUACIÓN ESTRATÉGICA Y LA SOSTENIBILIDAD.....	198
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	203
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....	204
3.1 LA FORMA DE INVESTIGACION .....	204
3.1.1 LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN .....	205
3.2 EL MODELO INICIAL DE VALORACIÓN AMBIENTAL.....	205
3.3 EL MODELO EXPERIMENTAL DE VALORACIÓN AMBIENTAL .....	207
3.3.1 LOS CONCEPTOS BÁSICOS.....	211
3.3.2 LAS CARACTERISTICAS Y LA FORMA DE CÁLCULO .....	213
3.3.3 LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN .....	220
3.3.4 LA VALORACIÓN MONETARIA .....	226
3.4 EL ESCENARIO PAISAJÍSTICO DE EXPERIMENTACIÓN .....	233
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	236
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	238
4.1 LAS CARACTERISTICAS DEL PROYECTO MINERO .....	239
4.1.1 LA PROBLEMATICA PRESENTE EN LA ZONA .....	241
4.1.2 LOS ASPECTOS GENERALES DE LOCALIZACION .....	242
4.2 EL ANÁLISIS TÉCNICO Y PAISAJÍSTICO DEL PROYECTO .....	242
4.2.1 LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....	243
4.2.2 EL INVENTARIO PAISAJÍSTICO.....	244
4.2.3 EL DIAGNÓSTICO PAISAJÍSTICO .....	249
4.3 LA EVALUACIÓN PAISAJÍSTICA .....	250
4.3.1 LOS INDICADORES PAISAJÍSTICOS .....	251
4.3.2 EL ANÁLISIS DE LA VALORACIÓN PAISAJÍSTICA .....	261
4.4 LA RECUPERACIÓN PAISAJÍSTICA DE LA ZONA.....	269
4.5 EL ANALISIS DE RESULTADOS .....	273

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	280
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y LINEAS DE INVESTIGACIÓN .....	282
5.1 CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES .....	282
5.2 LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	286
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	287
ANEXO I .....	290

## TABLA DE ILUSTRACIONES

### Capítulo I: Introducción

1.2 El modelo de valoración ambiental del proyecto minero .....	18
1.3 La línea de acciones del proyecto minero .....	21
1.4 El ciclo minero.....	24
1.6 Las acciones e impactos del proyecto minero .....	31
1.8 La función de transformación .....	33
1.9 Deposito de desmontes de mina .....	35
1.10 Depósito de relaves de mina.....	36
1.12 El impacto paisajístico permanente del pasivo ambiental .....	38
1.13 La introducción de medidas restauradoras en el pasivo minero .....	39
1.15 Pasivo minero Samne (La libertad-Perú) .....	41
1.16 La restauración del pasivo minero Samne (La libertad-Perú).....	41
1.17 Acciones generadoras del pasivo minero y el impacto paisajístico .....	43
1.19 El proyecto minero y los impactos paisajísticos generados .....	47
1.20 Huancavelica-Perú. Relaves mineros .....	48
1.21 La valoración ambiental de activos y pasivos mineros.....	49
1.24 La valoración económica de los pasivos mineros del proyecto .....	52
1.27 La comparación de datos ambientales del proyecto .....	53
1.28 La integración del proyecto .....	57
1.30 Las acciones de consumo paisajístico del proyecto .....	59

1.31 Las medidas restauradoras del proyecto.....	59
1.32 Los pasivos mineros del proyecto y la sostenibilidad ambiental .....	61
1.34 El impacto paisajístico de las medidas correctivas al proyecto minero .....	62
1.35 El programa informático de valoración paisajística.....	63
1.36 El programa de simulación en Microsoft Project©.....	64
1.37 El programa estadístico por capas .....	65
1.38 La valoración estadística del impacto paisajístico (barras de superficie).....	65
1.39 El resultado final de la estadística paisajística .....	66
1.40 La política ambiental.....	68
1.43 La sostenibilidad del proyecto .....	73
1.44 Los elementos de primer y segundo nivel del paisaje.....	77
1.45 El diseño de un paisaje tipo .....	78
1.46 El impacto indirecto del factor ambiental .....	81
1.47 La variación de componentes del paisaje.....	84
1.50 La fragilidad del paisaje.....	93
1.51 La fragilidad de la llanura.....	94
1.52 La transformación del paisaje .....	105
1.53 La escala de modificación del paisaje.....	106
1.55 Los caracteres físicos y la huella de transformación del paisaje.....	109
1.57 La introducción de condicionantes del paisaje .....	114
1.58 El peso relativo de los condicionantes del paisaje .....	115
1.62 La representación numérica de la evolución del paisaje.....	121
1.63 Pérdida del valor del paisaje .....	122

1.64 Las líneas y puntos de modificación del paisaje .....	123
1.65 El inventario inicial del paisaje.....	127
1.67 La evaluación del paisaje .....	132
1.68 La calidad global del paisaje .....	134
1.69 La valoración objetiva del paisaje .....	136
1.70 Las variaciones del valor de la acción.....	137
1.71 El Indicador ambiental de impacto .....	140
1.72 El modelo matemático y la variación del indicador .....	142
1.73 La variación de la línea de impacto en el tiempo del proyecto.....	144
1.74 Tipos de impacto ambiental .....	145
1.75 Suma de impactos ambientales .....	146
1.77 El análisis del paisaje con y sin el proyecto .....	149
1.78 Las magnitudes de la acción y de impacto .....	152
1.80 La representación del signo del impacto.....	154
1.81 La representación de la intensidad .....	155
1.82 La intensidad y extensión de la acción .....	156
1.83 Las acciones simultaneas del proyecto .....	156
1.84 La reversibilidad de la acción.....	157
1.85 El proyecto paisajístico boliviano.....	160
1.86 El criterio de valoración visual del proyecto boliviano.....	161
1.88 las acciones mineras en el paisaje.....	163
1.89 El resultado de la modificación del paisaje por la minería .....	164
1.90 La modificación del paisaje por acciones positivas.....	165

1.91 La comparación de dos proyectos paisajísticos .....	166
1.92 Las acciones y medidas restauradoras del proyecto.....	168
1.93 Las acciones y medidas restauradoras del proyecto (continuación) .....	169
1.96 La valoración de las acciones y medidas del proyecto .....	172
1.97 La valoración de impactos paisajísticos del proyecto .....	172
1.98 La metodología de evaluación paisajística .....	173
1.100 El método PERT .....	174
1.101 El programa de seguimiento informatizado del proyecto.....	180
1.102 La Ficha de evaluación ambiental del proyecto .....	181
1.103 La Ficha de evaluación ambiental del proyecto (continuación).....	181

## Capítulo II: Estado del Arte

2.1 Las fuentes de la investigación .....	184
2.2 Esquema de la evaluación de impacto ambiental .....	186
2.3 El procedimiento estratégico ambiental .....	188
2.4 La definición del paisaje .....	192
2.5 El marco estratégico.....	200
2.6 El principio de las evaluaciones ambientales .....	201

## Capítulo III: Materiales y Métodos

3.1 El mecanismo causa-efecto del impacto ambiental.....	208
--	-----

3.3 La dirección del proyecto .....	210
3.4 El mecanismo de valoración ambiental.....	212
3.5 La definición del proyecto en el diagrama .....	213
3.6 La posición de los datos del proyecto .....	214
3.7 Los campos de evaluación de la cuadrícula.....	215
3.8 La definición de la magnitud de la acción y de impacto.....	216
3.9 La valoración del impacto de los factores ambientales del proyecto .....	218
3.10 La rentabilidad ambiental sostenida del proyecto.....	219
3.11 La representación del sistema paisajístico .....	220
3.13 La capacidad de modificación ambiental .....	222
3.14 La capacidad de modificación ambiental (continuación) .....	223
3.15 La valoración de las acciones del proyecto paisajístico.....	224
3.16 El impacto total del proyecto paisajístico.....	225
3.17 La valoración monetaria en el sistema paisajístico.....	227
3.18 La valoración monetaria de la acción del proyecto .....	229
3.20 La valoración del impacto beneficioso del proyecto.....	230
3.21 La integración ambiental del proyecto con medidas restauradoras.....	232

#### Capítulo IV: Resultados y Discusión

4.1 La cuenca hidrográfica La Lava, Potosí .....	240
4.2 Las características físicas de la zona de estudio .....	245

4.3 La zona minera Andacaba.....	247
4.4 El paisaje natural de la cuenca hidrográfica .....	248
4.5 Los indicadores del proyecto paisajístico La Lava .....	252
4.6 La contaminación minera .....	253
4.7 Los deshechos mineros.....	254
4.8 La inestabilidad de laderas.....	255
4.9 Los puntos de interés paisajístico.....	256
4.10 La seguridad de la mina Kumurana.....	258
4.13 La valoración paisajística historica de la zona .....	261
4.14 La parcelación visual de la zona .....	262
4.15 La evaluación paisajística con el programa Microsoft Project® .....	263
4.19 La valoración del sistema paisajístico de la zona .....	267
4.20 Las acciones de modificación del paisaje de la zona .....	268
4.21 El diagnóstico paisajístico de la zona .....	268
4.22 El proceso de reversión paisajística en la zona .....	270
4.24 El diseño de las medidas paisajísticas de la zona.....	271
4.26 La valoración paisajística del programa de restauración .....	273
4.27 La metodología de evaluación del proyecto minero.....	274
4.29La simulación de evaluación del proyecto minero.....	277
4.30 La valoración paisajística del proyecto minero.....	277
4.32 La trayectoria de los impactos del proyecto minero.....	279

## TABLAS

### Capítulo I: Introducción

1.1 Las actividades y acciones del proyecto minero .....	17
1.5 Las modificaciones del paisaje por las acciones del proyecto minero .....	27
1.7 La matriz de valoración paisajista .....	32
1.11 La matriz de identificación de pasivos mineros .....	37
1.14 La ficha técnica de evaluación del pasivo minero .....	40
1.18 El listado de pasivos mineros del proyecto .....	46
1.22 El inventario de pasivos mineros .....	50
1.23 El inventario de pasivos mineros de un proyecto artesanal.....	51
1.25 La valoración de los impactos paisajísticos del proyecto .....	52
1.26 La inversión realizada por las acciones del proyecto .....	53
1.29 La matriz de medidas restauradoras .....	58
1.33 Los pasivos mineros del proyecto de extracción de oro .....	61
1.41 Legislación europea del medioambiente.....	72
1.42 Legislación española del medioambiente.....	72
1.48 El efecto paisajístico y el análisis de visibilidad.....	90
1.49 La calidad del paisaje y el impacto visual .....	91
1.54 Variables ecológicas de modificación del paisaje .....	107
1.56 Análisis de los condicionantes del paisaje .....	113
1.59 El análisis de la muestra de los paisajes tipo .....	116
1.60 Los criterios de calidad del paisaje.....	119
1.61 La escala de valor del paisaje .....	120
1.66 El grado de sensibilidad de los ecosistemas .....	130
1.76 Los impactos significativos del proyecto.....	147
1.79 Tabla de magnitudes y efectos .....	152
1.87 Las acciones mineras del proyecto.....	162

1.94 El plan de gestión ambiental del proyecto .....	170
1.95 El plan de gestión paisajístico del proyecto.....	170
1.99 El método PERT .....	174

### Capítulo III: Materiales y Métodos

3.2 Los datos de valoración del proyecto.....	209
3.12 La vulnerabilidad ambiental .....	221
3.19 La valoración monetaria paisajística .....	229

### Capítulo IV: Resultados y Discusión

4.11 Los indicadores paisajísticos de la zona .....	259
4.12 La valoración paisajística de la zona.....	260
4.16 La valoración de los condicionantes naturales del paisaje de la zona .....	264
4.17 La valoración de los condicionantes socioeconómicos del paisaje de la zona .....	265
4.18 La valoración del sistema paisajístico de la zona .....	266
4.23 La evolución de los condicionantes paisajísticos .....	270
4.25 Las medidas paisajistas restauradoras de la zona.....	272
4.28 La matriz de evaluación del sistema paisajístico.....	276
4.31 La evolución de la calidad y rentabilidad del sistema paisajístico .....	278

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La *degradación ambiental* es un término genérico del diccionario, pero como lo conocemos es sinónimo de modificaciones y efectos perjudiciales en el entorno del medioambiente, como el aire, los ríos, los paisajes, los bosques o la vegetación; pero la definición también influye sobre los lugares habitados, donde vivimos y nos desarrollamos, por eso, la palabra deterioro conlleva algún significado adicional, que se puede resumir esta degradación ambiental como una merma de la capacidad humana para desarrollarse en forma natural.

El punto central de esta degradación o modificación ambiental radica en el deterioro de la capacidad física y mental de los seres vivos para ejercer la actividad de producir y consumir principalmente, a costa de sacrificar elementos de nuestro entorno físico llamado el medioambiente. El ser humano es la única especie que genera estos efectos negativos para dirigirlos contra sí mismo con el consiguiente daño y autodestrucción de la especie, así son las muertes producidas por las guerras, por la explotación, la pobreza, la desertización de bosques la contaminación industrial y otros desequilibrios humanos y ambientales.

Podemos afirmar que el deterioro ambiental que generamos y que nos afecta a todos es producto de desarrollo agitado y desordenado que padecemos en la actualidad. A lo largo de la historia de la humanidad siempre ha habido desequilibrios y problemas ambientales pero hoy en día se hace urgente el corregir estos efectos que se presentan con signos de emergencia.

Este mundo moderno, con la bienvenida de los avances y nuevas tecnologías en materias de producción y consumo nos facilitan la vida pero también son los causantes de un lento y progresivo deterioro, pero el ser humano es hábil e inteligente para poner medidas oportunas para frenar, prevenir y controlar este desequilibrio, y corregir los efectos de ese desarrollo descontrolado que padecemos hoy en día. Queremos producir más pero no mejor y consumir sin tomar las precauciones adecuadas en bien del medioambiente.

Es necesario el equilibrio y armonía entre la producción, el consumo y el entorno natural para conseguir un desarrollo sostenido, frase tan comentada en nuestros días. La idea de producir para consumir ya es una lógica del pasado donde una empresa podía prosperar únicamente con destinar su gestión a satisfacer al consumidor y sus necesidades sin tener en cuenta el medioambiente y su conservación.

Últimamente, se introduce como una idea innovadora el término de medioambiente al sistema productivo empresarial. La empresa y los proyectos que quieren subsistir en la gestión, tiene que incorporar objetivos medioambientales al sistema productivo como las evaluaciones de impacto ambiental y otros instrumentos legales que están destinados a preservar y proteger el medioambiente.

La legislación contempla este aspecto en múltiples sistemas productivos pero todavía es un instrumento débil y de poca eficacia para evitar formas de contaminación por actividades

productivas como la minería o la industria. Por este motivo resulta necesario investigar en nuevas y más eficientes tecnologías productivas, en los sistemas de consumo y la protección del entorno natural, para diseñar proyectos sostenidos en actividades agresivas como la minería, y preservar para el futuro nuestro medioambiente.

## **1.1 EL PROYECTO MINERO Y SUS PASIVOS AMBIENTALES**

La actividad minería juega un papel importante en el desarrollo mundial, por la ingente riqueza económica que viene generando en su desarrollo y por el gran potencial que en el futuro puede suponer en los recursos de los países productores, que se traduce en la generación de bienestar económico y un gran número de puestos de trabajo.

Esta nueva configuración de la estabilidad económica y social de las regiones será producto, principalmente, de la actividad minera con el soporte de actuaciones ambientales y la creación de instrumentos de protección, evaluación y control del medioambiente. Solo así, este motor de desarrollo económico puede ser viable para el crecimiento sostenido de los países productores en las siguientes décadas.

La minería moderna se ha convertido en una actividad altamente sofisticada que gracias a la investigación utiliza métodos y equipos de avanzada tecnología para localizar y explotar yacimientos minerales, y convertirlos en productos comercializables, cada vez, con menor impacto para el medioambiente y una máxima rentabilidad económica para las empresas productoras.

Estos avances tecnológicos han requerido buscar especialistas para cada una de las etapas que componen la minería, de forma directas como geólogos, mineros, metalurgistas, ambientalistas, o indirectas como mecánicos, electricistas, médicos y otros profesionales, con el fin de optimizar el uso de los recursos existentes y la búsqueda de procedimientos innovadores en la actividad minera.

Un proyecto minero incluye varias etapas de estudios e investigaciones iniciales para hacerlo viable antes de tomar la decisión de explotarlo económicamente y poder convertir el terreno en un yacimiento minero.

El mineral localizado en el interior de las entrañas de la tierra no tiene valor hasta que se transforma en un producto final comercializable, por actuaciones externas como estudios, análisis, procedimientos, inversiones, trabajos de extracción minera o mejoramiento en el sistema productivo, lo que se denomina dar un valor agregado al material extraído para que lo haga rentable económicamente.

Así, un proyecto puede ser definido por actividades, acciones y en menor medida, las tareas propias de la labor minera, que definen la trayectoria de explotación del proyecto minero. Esta función de explotación o línea de actividad del proyecto, que en la investigación es representada con fórmulas matemáticas, que constituyen las inversiones o gastos requeridos por una determinada acción minera de explotación. Estos costos mineros son los que se

traducen en valores de pérdida o ganancia ambiental, representados por las acciones de consumo o producción de impactos, que los definiré como la modificación del valor del paisaje en el sistema ambiental del proyecto, o el sistema paisajístico.

Un proyecto minero está representado por las actividades y acciones que se desarrollan, como se representa a continuación:

Proyecto	ACTIVIDAD A	ACTIVIDAD B	ACTIVIDAD C	ACTIVIDAD D
<b>Acción 1</b>		X	X	
<b>Acción 2</b>	X			X
<b>Acción 3</b>			X	
<b>Acción 4</b>				X
<b>Acción 5</b>	X			
<b>Acción 6</b>			X	

### 1.1 Las actividades y acciones del proyecto minero

El proceso inicial empieza con una primera actividad, representada como actividad A, que consiste en la búsqueda del yacimiento mineral para ubicar las llamadas anomalías geológicas de la corteza terrestre que son las alteraciones, fallas o fracturas presentes en lugares diferentes de las rocas naturales que son las zonas geológicas con minerales metalíferos valiosos a explotar.

Después de la fase de prospección minera para localizar zonas mineras potencialmente explotables, viene a continuación la fase de los estudios más avanzados de exploración que contemplan estudios de geoquímica y geofísica, y los sondeos del terreno comúnmente llamados muestreos. Con los datos obtenidos en la exploración minera se confecciona una ficha de identidad del yacimiento minero.

Aquí empieza el trabajo de gabinete con el fin de analizar, cuantificar y establecer los límites del yacimiento minero, cuantificar leyes, capacidades y tonelajes; y elaborar un estudio técnico-económico y de factibilidad para la inversión a realizar, lo que define la generación del proyecto minero.

#### 1.1.1 EL ESTUDIO TÉCNICO, ECONOMICO Y AMBIENTAL

El estudio técnico y económico consiste en calcular las reservas del yacimiento minero, lo que se denominar cubicar, establecer su tonelaje y la ley del mineral a explotar, lo que traducido a costos e inversiones serían los cálculos para los procesos de extracción y tratamiento del mineral con el fin de establecer las acciones de la operación minera que se realizarán para definir la rentabilidad económica del proceso.

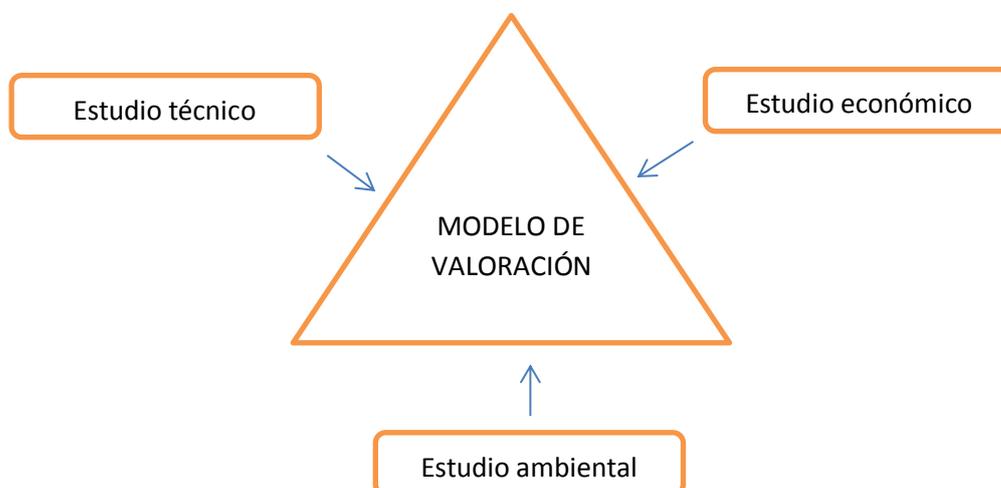
Además, este estudio debe describir el método de explotación más económico, eficiente y menos contaminante para el medioambiente, utilizando para su formulación criterios técnicos de la mineralización presente, y la valoración del estudio en seguridad y control ambiental. Los métodos elegidos de extracción minera pueden ser superficial, cielo abierto o subterránea, o la combinación de ambos métodos de explotación minera.

Las principales actividades a realizar en el estudio técnico y económico minero deben contener:

- Calculo de leyes y tonelaje del mineral así como la ley mínima de corte
- Plan de desarrollo y método de minado
- Transporte y almacenamiento del mineral
- Costos de mano de obra, equipos y materiales a utilizar en el proceso minero
- Inversiones, seguros, impuestos y otros gastos
- Información de costos totales y rentabilidad del proyecto

En esta fase inicial se realizan los estudios preliminares de impacto ambiental del proyecto, con el objetivo de preservar las posibles actuaciones contra el medioambiente que se desarrollarán; para así, obtener las autorizaciones administrativas respectivas para el inicio de las operaciones mineras.

El esquema sobre el que se sustenta el modelo de valoración ambiental del proyecto es el siguiente:



### 1.2 El modelo de valoración ambiental del proyecto minero

El contenido del estudio ambiental es muy variado no existiendo un modelo único de informe, ni una base de datos oficial de indicadores de referencia, pero la norma básica establece que es preciso hacer el estudio ambiental sobre las alteraciones que podrían producir en el medioambiente en general y solo de forma directa sin precisar las pautas indirectas. En el estudio, principalmente se evalúan las acciones por efluentes o emisiones que se generan en

las operaciones mineras, para que no produzcan elementos nocivos o perjudiciales para el ser humano y respetar los límites permitidos en la normativa.

Es fundamental que en el desarrollo del proceso evaluativo riguroso de los impactos ambientales potenciales del proyecto se cumpla la normativa existente para el procedimiento administrativo, como los Estudios de Impacto Ambiental, pero también que pueda servir como herramienta de trabajo para predecir, valorar y modificar los impactos ambientales generados por el proyecto minero, que se traduciría en reducción de costos, inversiones y el mejoramiento de la calidad ambiental del entorno.

El modelo de valoración del proyecto minero debe basarse principalmente en datos y referencias de estudios técnicos, estudios de rentabilidad económica y estudios de valoraciones ambientales de los entornos paisajísticos existentes, para determinar los objetivos y metas que se persiguen con el proyecto, así descubrir y minimizar las posibles alteraciones que se presentan en el medioambiente.

Es en esta etapa de estudio técnico, económico y ambiental que se realiza en el proyecto, este modelo evaluativo experimental que se está investigando puede servir para diseñar nuevos procesos como inversiones ambientales con el fin de planificar formas técnicas de actuación, realizar nuevos estudios para optimizar resultados ambientales, o corregir alteraciones producidas por la acción del proyecto minero.

### **1.1.2 LAS FASES DE OPERACIÓN DEL PROYECTO MINERO**

El proyecto minero puede tener dos formas de explotación:

- Minería subterránea
- Minería superficial

En el caso de la minería subterránea la explotación del mineral se realiza por galerías, túneles horizontal, o por chimeneas, túneles vertical, como una combinación de los anteriores sistemas. El túnel principal de minado se denomina socavón o gran galería.

En las minas superficiales, el trabajo principal consiste en un desencapado del material del suelo hasta llegar a la zona del mineral y ejecutar trabajos de acceso para ingresar al yacimiento minero.

Las principales actividades mineras en esta etapa son:

- Preparación del terreno
- Explotación y extracción
- Concentración
- Fundición
- Refinado

Un proyecto minero está compuesto por múltiples actividades, como se explica en la ilustración 1.4. El desarrollo consiste en la explotación para extraer el mineral, e incluyen

varias acciones, como la perforación, voladura, acarreo y transporte del material fuera de la mina. Es obligatorio indicar que el término *mineral* es todo compuesto natural que contenga un metal valioso, el término *mena* es el mineral que puede extraerse económicamente y la ganga es la parte que acompaña al mineral sin un valor, que comúnmente se denomina *tierra*.

El fin de las operaciones mineras y el inicio de las labores metalúrgicas es cuando el mineral extraído de un terreno minero inicia un tratamiento, o transformación física, química o ambos procesos para elevar su pureza y rentabilidad económica para poder comercializarlo en forma más óptima. Este límite técnico puede establecerse en el mismo lugar o en instalaciones adicionales fuera de la zona de extracción minera.

El material de mina extraído de la naturaleza es sometido a diversos tratamientos metalúrgicos según sus características técnicas para aumentar su ley por tonelada, lo que se denomina fase de concentración del mineral, y el producto que se obtiene es un concentrado sólido de mineral de alta pureza.

En una siguiente fase de fundición, el concentrado es sometido a altas temperaturas para eliminar impurezas existentes, en el que posteriormente se aplicará un refinado metalúrgico final para alcanzar una pureza elevada del metal y aumentar su valoración para ser comercializado.

Aquí concluye el proceso de extracción y tratamiento inicial del mineral, definido por fases y variadas actividades y acciones que constituyen el proyecto minero. En términos ambientales constituye el inicio de las alteraciones o impactos que se generaran en el medioambiente por el proyecto minero.

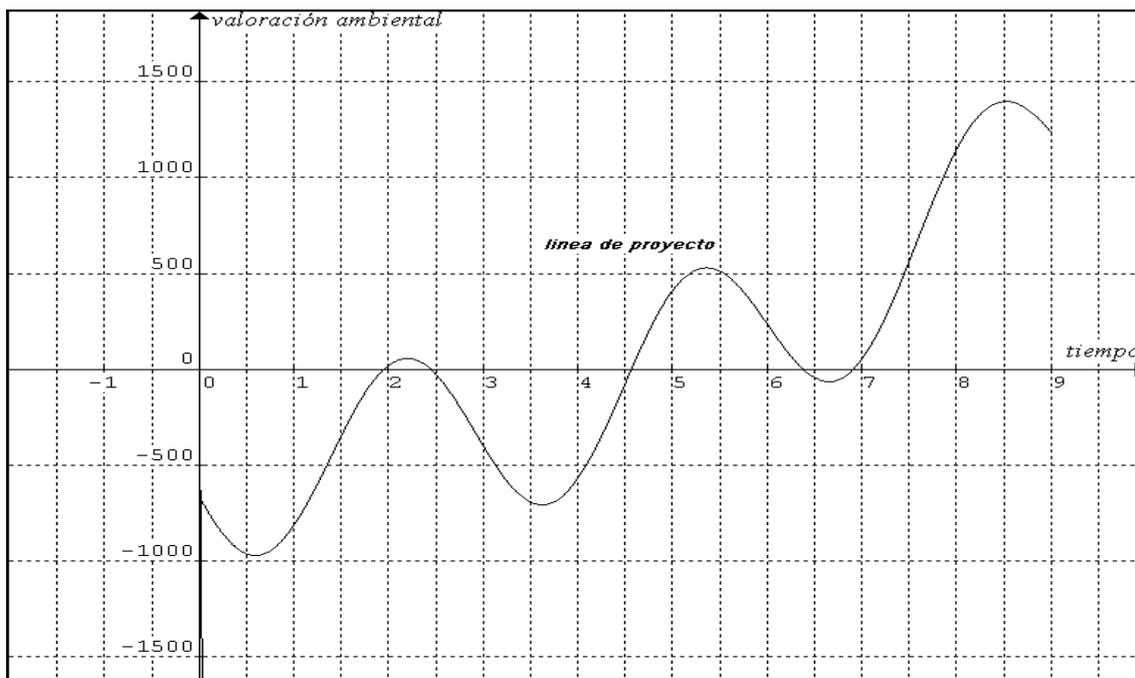
En la investigación, este proceso de fases, actividades, acciones y tareas necesarias en el proyecto minero son representadas mediante una función matemática  $f(x)$  para los fines de la evaluación ambiental, que se define como la *línea de proyecto* o función de proyecto, y que determinará la valoración paisajística del proyecto minero.

En la siguiente ilustración, se representa la línea de acciones que se desarrollan en el proyecto, definida por las valoraciones ambientales de la acción en los campos de pérdida o ganancia del valor del paisaje, delimitadas como acciones de consumo o de producción paisajística en el desarrollo del proyecto.

Un proyecto minero, en el proceso de valoración del paisaje, combina las acciones de operación de extracción de mineral con medidas ambientales preventivas y correctivas, en este caso beneficiosas para el medioambiente, con el objetivo de conseguir una rentabilidad ambiental sostenida.

Este programa de trabajo dirigido por una evaluación ambiental completa, origina que la trayectoria del valor en la línea de proyecto sea variable en el tiempo, dibujada por las acciones de operación minera y por las acciones de recuperación ambiental que se llevan a cabo por las alteraciones producidas con las operaciones del proyecto.

Con esta estrategia de trabajo se consigue la sostenibilidad ambiental teórica del proyecto en el tiempo, como se observa en la siguiente ilustración:



### 1.3 La línea de acciones del proyecto minero

Las modificaciones y alteraciones negativas producidas en el valor del sistema paisajístico, sean directas o indirectas generadas en el proceso minero, son evaluadas con estudios ambientales tradicionales, los cuales son sometidos a la aprobación o denegación por la autoridad gubernativa, pero no consiguen la sostenibilidad del proyecto, que escasamente participan proponiendo medidas restauradoras eficientes para la corrección de estas anomalías ambientales que se presentan.

Estos estudios ambientales, en muchos casos poco creíbles y muy subjetivos analizan principalmente la viabilidad técnica y económica del proyecto, y dejan en segundo plano la factibilidad ambiental de las actuaciones, por lo cual después de tiempo surgen controversias y empiezan a aparecer impactos ambientales no detectados en el estudio inicial, por lo que es necesario realizar un nuevo estudio y más completo en toda la vida del proyecto.

Es necesario aplicar nuevos criterios en la evaluación ambiental de los impactos técnicos y económicos que se producen por el proyecto, y que son fácilmente corregibles con medidas rápidas y eficaces en el momento de su aparición por el beneficio que representa; pero, son los impactos ambientales no detectados y no valorados adecuadamente los que tienen difícil solución y un largo periodo de corrección por el poco interés que incorpora.

Por este motivo, es conveniente diseñar un modelo adecuado para predecir y prevenir los posibles efectos adversos para el medioambiente ocasionados por los proyectos mineros, y controlar todas las variables del proceso de evaluación ambiental como si se tratara de aspectos económicos. El modelo de valoración tiene que realizar una evaluación ambiental completa en todo el tiempo de actividad del proyecto minero, y valorar de forma eficaz los impactos generados lo que no sucede con el estudio tradicional, para que de esta forma se pueda garantizar resultados ambientales eficaces.

### 1.1.3 LAS ACTIVIDADES Y ACCIONES MINERAS

Una actuación minera consiste en aplicar acciones para la extracción, preparación y tratamiento de los materiales útiles o minerales que se encuentran en el subsuelo, con el objetivo principal de obtener una rentabilidad económica de la actividad minera.

Existen dos grandes clases de explotación minera:

- subterráneas o del subsuelo
- de superficie o a cielo abierto.

En lo sucesivo me referiré principalmente a la minería a cielo abierto que mayormente está vinculada a los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y a las alteraciones paisajísticas que se producen en los proyectos mineros de explotación.

El reglamento de Evaluaciones de Impacto Ambiental determina el proceso minero como las *tareas o actividades de aprovechamiento o explotación de los yacimientos minerales y demás recursos geológicos que necesariamente requieran la técnica minera y no se realicen mediante labores subterráneas* (Civitas, 1998). La minería a cielo abierto, consiste en retirar el material superficial compuesto por elementos estériles no aprovechables para acceder al yacimiento mineral, lo que provoca una gran movilización de materiales con una relativa alteración paisajística por la mecanización que se produce.

En función de los minerales que se explotan, la explotación a cielo abierto se puede clasificar como:

- minería energética: lignito, hulla, antracita, turba
- minería metálica: oro, cobre, mercurio, plomo, hierro y otros
- minería no metálica: canteras (cuarzo, pizarra) y graveras (arenas y gravas)

El impacto ambiental que se genera en el paisaje por las actividades mineras, se debe principalmente a los grandes volúmenes de materiales que se trasladan y a la frecuencia con que se realiza estos movimientos en terrenos poco alterados como sucede en zonas montañosas o poco habitadas. La restauración o rehabilitación del espacio afectado resulta difícil, costoso y poco eficaz si no se planifica las medidas desde las fases previas a la explotación. Para esto conviene integrar desde el inicio el diseño técnico de la explotación minera de una forma simultánea al proyecto de restauración.

Los métodos de extracción minera a cielo abierto con independencia del material extraído se pueden resumir en tres formas:

- por transferencia
- por corta
- por canteras.

El método de transferencia consiste en arrancar estéril de un hueco hasta el afloramiento de la capa de mineral y verterlo al hueco de la fase anterior como un auto relleno, quedando en el exterior únicamente el estéril del primer hueco. El mineral se extrae desde el fondo de los huecos y se van cargando en camiones para ser trasladado a las plantas de tratamiento. Este método se utiliza fundamentalmente en la minería de carbón, aunque no exclusivamente, cuando la capa de mineral es horizontal o buza con un ángulo inferior a 30-35 grados y el recubrimiento de estériles es inferior a una profundidad del orden de los 50 metros.

La recuperación de los terrenos afectados por este tipo de explotación es relativamente sencilla, ya que no deja huecos ni perturbaciones visuales, o estas son mínimas. Sólo es necesario nivelar los materiales superficiales y extender la capa de tierra vegetal que tuvo que retirarse al iniciar la explotación; pero existe el inconveniente de alterar grandes extensiones de terreno debido a la horizontalidad de las capas.

El método de corta consiste en perforar el terreno hasta alcanzar la veta de mineral y seguir el rumbo de éste. Se produce un hueco tridimensional en forma de cono invertido por cuyas paredes escalonadas se extrae el mineral y los estériles. Estas explotaciones metálicas de corta no admiten el relleno progresivo del hueco con los estériles, porque se utiliza para el transporte del mineral fuera de la mina; sin embargo, en las cortas de carbón los huecos son alargados y es posible efectuar el auto relleno en los extremos.

La recuperación de estas explotaciones es difícil debido al gran hueco que se genera con un alto contenido de perturbación visual, que incluso puede superar los 300 metros de profundidad, sumado a la presencia de depósitos exteriores de material estéril.

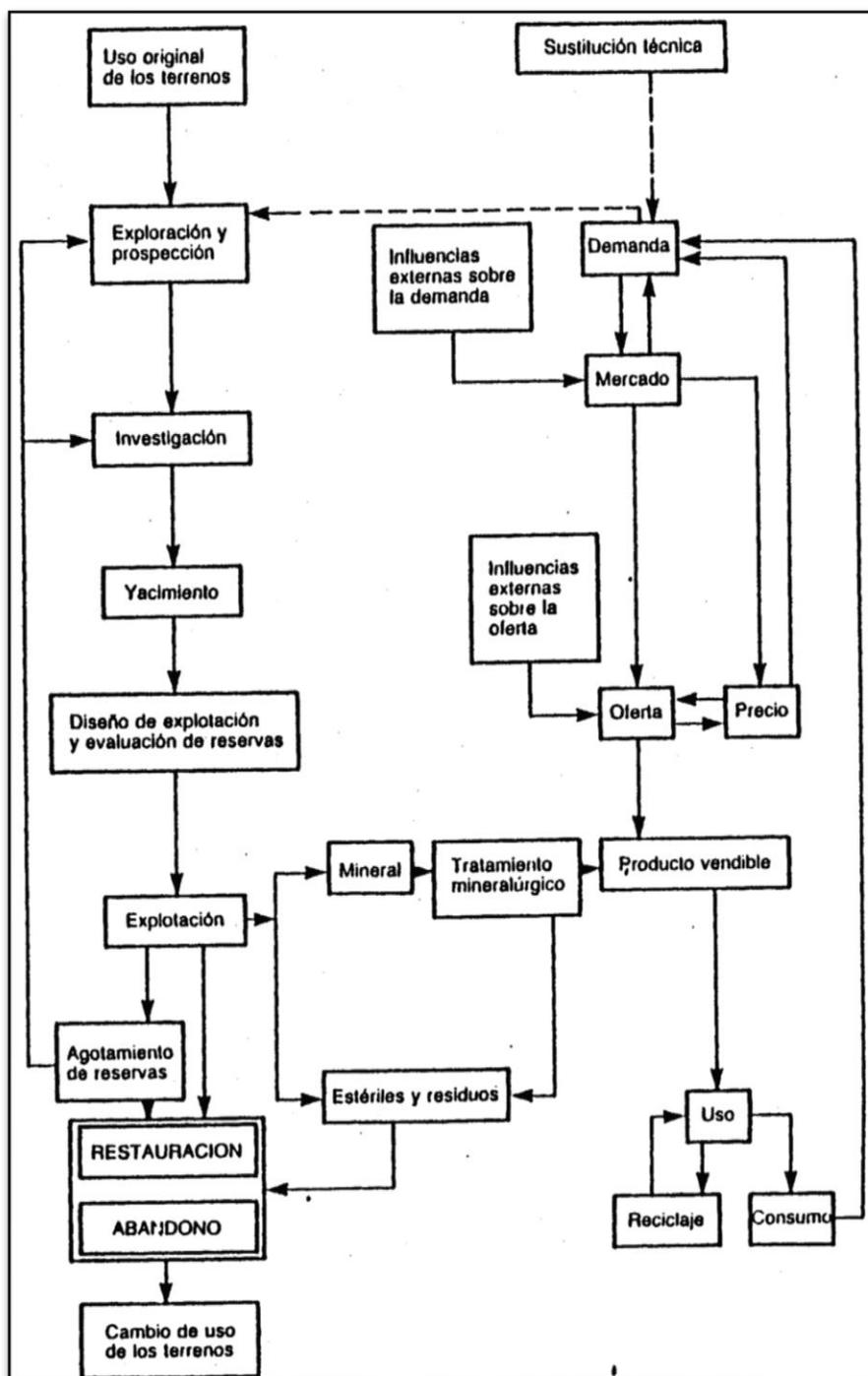
Por último, el método de cantera a cielo abierto consiste en el arranque de material de laderas con gran altura y fuertes pendientes del terreno. El proceso de explotación normalmente es de forma escalonada por bancos o andenes, dependiendo según si se quiere obtener el material en bloques grandes, limpios y no fragmentados.

El aprovechamiento del material es casi total, arrojando escasa cantidad de estériles y material de desecho, lo que supone que la restauración del terreno es difícil al no disponer de materiales para rellenar el hueco generado por la extracción. Así la remodelación del terreno es problemática al quedar al descubierto grandes frentes y cortes de la explotación que indefectiblemente tienen que ser cubiertos con material externo.

La actividad minera se inicia con una etapa de investigación de campo, con el fin de evaluar los recursos y reservas existentes en los yacimientos localizados con la técnica de sondeos y excavaciones que dan lugar a pequeños vertederos de material, y que son un principio de transformación del paisaje.

Esta etapa de investigación permite acotar los límites de la explotación, plantear su diseño y determinar el método más conveniente de extracción del mineral. Dicho diseño debe fijar la localización de los elementos de la explotación, como pistas de acceso, escombreras, plantas de tratamiento, presas de residuos y balsas de decantación, procurando producir el mínimo impacto ambiental y la viabilidad de su recuperación posterior con medidas restauradoras.

Un modelo básico del ciclo minero consiste principalmente:



1.4 El ciclo minero del proyecto

Una vez finalizados todos los estudios de investigación minera se inicia la preparación del área ocupada por el yacimiento, como la instalación de la infraestructura básica, la red de electrificación, el abastecimiento de agua, la red de saneamiento, y el trazado de viales de acceso a la explotación minera.

Antes de proceder a la ocupación del suelo por este tipo de construcciones, se debe realizar la operación de desbroce y despeje de la cubierta vegetal para realizar a continuación la retirada y almacenamiento de la capa de suelo vegetal que será utilizada después en la restauración del área afectada, de manera que se pueda volver a implantar vegetación en la zona.

Dentro de las obras de infraestructura necesarias, destacan las que van dirigidas al control y aprovisionamiento del agua, desvío de cauces, captación de aguas, desagües y drenajes para impedir el anegamiento de la explotación; para los líquidos de drenaje hay que prever, además, balsas de decantación donde precipiten los sólidos en suspensión antes de devolver el agua a los cauces naturales.

Algunos minerales necesitan un tratamiento posterior al proceso de extracción y que se realiza en la misma explotación; por lo tanto, es necesario construir plantas o lugares de tratamiento y transformación e instalaciones auxiliares, así como presas de residuos a las que van a parar los restos del material minero no rentable.

Una vez finalizadas las obras de infraestructura se inician la fase de explotación productiva propiamente dicha, cuyo fin es extraer el mineral. Este mineral normalmente no se encuentra directamente en la superficie, por lo que es necesario realizar algunas acciones previas como retirar el material estéril antes de alcanzar el yacimiento, que según la dureza de estos materiales se realiza en distintas formas, como el arranque directo con retroexcavadora, la perforación, voladura y otros procedimientos mineros.

Los estériles pueden servir para cubrir el hueco generado, o ser transportados a las escombreras o vertederos de material de desecho. Una vez retirado el estéril y alcanzado el mineral se traslada a las plantas de transformación donde normalmente sufre un proceso de preparación, concentración y clasificación. El material tratado se va almacenando en montones hasta su retirada de la explotación.

Como lo define el reglamento minero y ambiental, concluida la vida productiva de la explotación minera se inicia la fase de abandono con el desmantelamiento y demolición de las instalaciones que no vayan a ser necesarias en una posterior utilización de estos activos para distinto uso, retirando todos los escombros y el material de desecho, acondicionando los huecos de la explotación y las escombreras de manera que no supongan ningún riesgo de accidente para las personas, y se integren el proyecto minero a su entorno ambiental.

Según la normativa, después de aplicar las medidas de recuperación y restauración de la zona, no debería existir ningún pasivo ambiental o impacto paisajístico minero.

#### **1.1.4 EL PAISAJE MINERO**

El paisaje minero está conformado por el espacio inicial definido como la zona de trabajo y por las actuaciones paisajistas mineras de transformación que se desarrollaran con acciones del proyecto minero en el medioambiente, y que contribuirán de forma positiva, produciendo

elementos del paisaje, o negativa consumiendo elementos del paisaje, durante el tiempo que dure la actividad minera, lo que definiré como los impactos paisajísticos.

Las acciones que contribuyen positivamente al paisaje minero con impactos beneficiosos, son:

- La generación de espacios paisajísticos beneficiosos y compatibles con el proyecto minero
- La adición de elementos naturales compatibles con el proyecto minero
- Nuevas plantaciones y zonas verdes
- El ocultamiento y disfraz de los impactos negativos en el paisaje

Las acciones que contribuyen negativamente al paisaje minero con impactos perjudiciales, son:

- La extracción a cielo abierto de mineral
- La extracción subterránea de mineral, construcción de galerías y el amontonamiento de residuos minerales
- La voladura del terreno, desbroce y destrucción de zonas de vegetación
- La construcción de campamento, edificios, plantas de tratamiento
- La construcción de carreteras, bocamina y chimeneas
- Las instalaciones mineras y cableado
- Los vertido de efluentes líquidos
- El amontonamiento de sólidos, escombros, escorias, material de deshecho
- Almacenaje de material, equipo y herramientas
- El transporte de mineral

La valoración de los impactos mineros en el paisaje está dirigida a evaluar la forma cómo afecta a los recursos paisajísticos del proyecto minero por:

- Los cambios en la calidad de los contenidos del paisaje
- Los cambios en la calidad visual o de comunicación
- La afectación a los puntos panorámicos
- La Intrusión visual de nuevos elementos

Se valora exclusivamente todas las actividades y acciones del proyecto minero, en este caso en las etapas de explotación y abandono, prorrateando con los potenciales efectos ambientales que se producirán con el desarrollo del proyecto.

Con toda esta información se elabora una matriz de impactos (Matriz de Leopold) sobre el paisaje modelo, se identifican y valoran los impactos paisajísticos producidos por las acciones del proyecto, principalmente en etapa de explotación, y se define su importancia e incidencia según la tabla de valoración de impactos.

Generalmente, el inventario de las zonas mineras carecen de valor paisajístico, o en su caso este valor paisajístico es muy pobre; por lo cual, en la valoración paisajística con el modelo experimental propuesto en esta investigación se parte de un valor inicial neutro o cero en la etapa de explotación minera.

### 1.1.4.1 LA MODIFICACIÓN DEL PAISAJE POR LAS ACCIONES MINERAS

Con el proyecto minero, el paisaje sufre alteraciones de naturaleza productiva con la destrucción del entorno y la transformación de los contenidos visuales o perceptivos para la observación, que afectan a uno o varios de los condicionantes que constituyen el sistema paisajístico del proyecto.

Los contenidos del paisaje se verán afectados alternando las partes, y el conjunto del sistema paisajístico<sup>1</sup>. Así, los elementos visuales o el aspecto general del paisaje, se transformará como consecuencia de las modificaciones introducidas por el proyecto minero en el contenido del sistema paisajístico, que generarán nuevos elementos visuales para incorporarse a la composición inicial con las previsibles alteraciones o modificaciones.

En el proceso de transformación del paisaje, los elementos ambientales uno a uno sufre el cambio, aparecen y desaparecen líneas, formas nuevas y escalas como la vegetación, el elemento del agua o el relieve, para convertirse en un nuevo escenario con variaciones progresivas y cambios bruscos a lo largo de los límites definidos por la actuación minera, con la reorganización y una nueva distribución de los elementos visuales existentes.

Entre las principales modificaciones del sistema paisajista se puede citar:

CARACTERÍSTICAS	ACCIONES DEL PROYECTO MINERO
Topográficas	movimiento de tierras (cambio en las formas del relieve)
	inestabilidad de laderas
	pérdida de suelo por ocupación y destrucción de la vegetación
	pérdida del suelo por erosión
	Modificación de la topografía (modificación de drenajes )
De vegetación	por ocupación del suelo
	por cambios de distribución
	por contaminantes (herbicidas y atmosféricos)
De naturalidad	visibilidad o intrusión visual de una nueva orden
	exceso líneas rectas discordantes con las formas onduladas del terreno
	aparición de nieblas junto a los embalses o lagos
	grandes superficies recubiertas de plásticos (invernaderos)
	alteración de las características visuales de la zona (polvo)
	Contaminación del espejo de agua en lagos o embalses.
De singularidad	desvío de caudales de agua y embalsamientos
	distribución lineal o puntual de zonas de interés geológico
	vistas singulares obstruidas
	modificación, destrucción u ocultación de estructuras singulares

#### 1.5 Las modificaciones del paisaje por las acciones del proyecto minero

<sup>1</sup> Impactos físicos y socioeconómicos

Generalmente, todas las acciones mineras del proyecto dan lugar a la modificación del paisaje, que en mayor o menor medida generan un deterioro progresivo negativo. Este deterioro puede ser en forma variable, como en el número de elementos afectados, o puede ser el deterioro por distinto origen o causa; pero la modificación de los elementos del sistema paisajístico son principalmente, por acciones relacionadas con el consumo ambiental, o la pérdida en el valor del paisaje producido por el proyecto minero.

En el aspecto del paisaje, la mayor alteración que se produce es por la reordenación de la composición escénica después de la ejecución de la actividad minera. Unas mínimas alteraciones en el contenido del paisaje pueden inducir a cambios radicales en el aspecto de una escena minera.

El proyecto minero puede afectar las pautas de visibilidad del paisaje, se crean o eliminan puntos panorámicos y miradores, se generan otros puntos o dificultan los accesos a los miradores existentes, pero usualmente la reordenación de la morfología del terreno delimita las cuencas visuales.

Los contenidos o aspectos del paisaje y las pautas de visibilidad se organizan de un modo u otro obteniéndose vistas con una determinada composición y profundidad en cada localización del observador; la unidad del paisaje o unidades ambientales paisajísticas es una porción del territorio cuyo escenario posee homogeneidad de contenidos, de aspecto y de pautas de visibilidad, así como autonomía visual que es lo que da el conjunto escénico.

La delimitación de las unidades del paisaje debe considerar los contenidos, aspectos, propiedades visuales, fragilidad y la calidad de cada paisaje. La calidad del paisaje determina el valor que se da a un escenario, y la fragilidad considera la capacidad de transformación de los elementos visuales existentes.

El siguiente listado se muestra las principales acciones de un proyecto minero a cielo abierto que pueden ser susceptibles de producir cambios y transformaciones en el paisaje del entorno. Estos cambios producirán una transformación en la escena original, y generarán impactos paisajísticos.

Las acciones están divididas en cuatro fases según el estado de desarrollo del proyecto minero:

- a) Fase de planificación del proyecto
- b) Fase de construcción del proyecto
- c) Fase de explotación del proyecto
- d) Fase de abandono del proyecto

De forma detallada:

- a) En fase de planificación:

- En la exploración e investigación
- Por calicatas y excavaciones piloto
- Por sondeos y perforaciones
- Por vertidos y escombreras
- Por el planeamiento y Diseño
- Por diseño, trazados y elección del método de explotación
- Por localización de las pistas de acceso
- Por localización de escombreras
- Por localización de las plantas de tratamiento
- Por localización de las presas de residuos
- Por localización de las balsas de decantación

b) En fase de construcción:

- En la electrificación
- Por el centro de transformación
- Por red de electrificación
- Por captación de agua, desagües y drenajes
- Por desviación de cauces
- Por captación de aguas
- Por desagües y drenajes
- Por viales de acceso
- Por desbroce y despeje
- Por excavación y acopio de tierra vegetal
- Por movimiento de tierras
- Por desmontes
- Por terraplenes
- Por el afirmado
- Por obras de fábrica
- Por la Iluminación
- Por el campamento minero y auxiliares
- Por plantas de tratamiento, edificios e instalaciones auxiliares
- Por diseño de la red de saneamiento
- Por presas de residuos
- Por deforestación del vaso
- Por impermeabilización del terreno
- Por construcción del dique
- Por construcción de balsa de decantación
- Por la excavación del hueco de mina
- Por vertederos de estériles
- Por construcción de red de drenaje subterránea

c) En fase de explotación:

- Por acciones previas
- Por desbroce y despeje
- Por excavación y acopio de tierra vegetal
- Por perforación y voladura
- Por arranque y carga
- Por transporte del mineral a las plantas de transformación
- Por el tratamiento de materiales
- Por el transporte de los estériles y vertido en las escombreras
- Por el almacenamiento de los materiales

d) En fase de abandono:

- Por el desinstalación minera
- Por demolición de instalaciones
- Por acondicionamiento de los huecos
- Por acondicionamiento de las escombreras

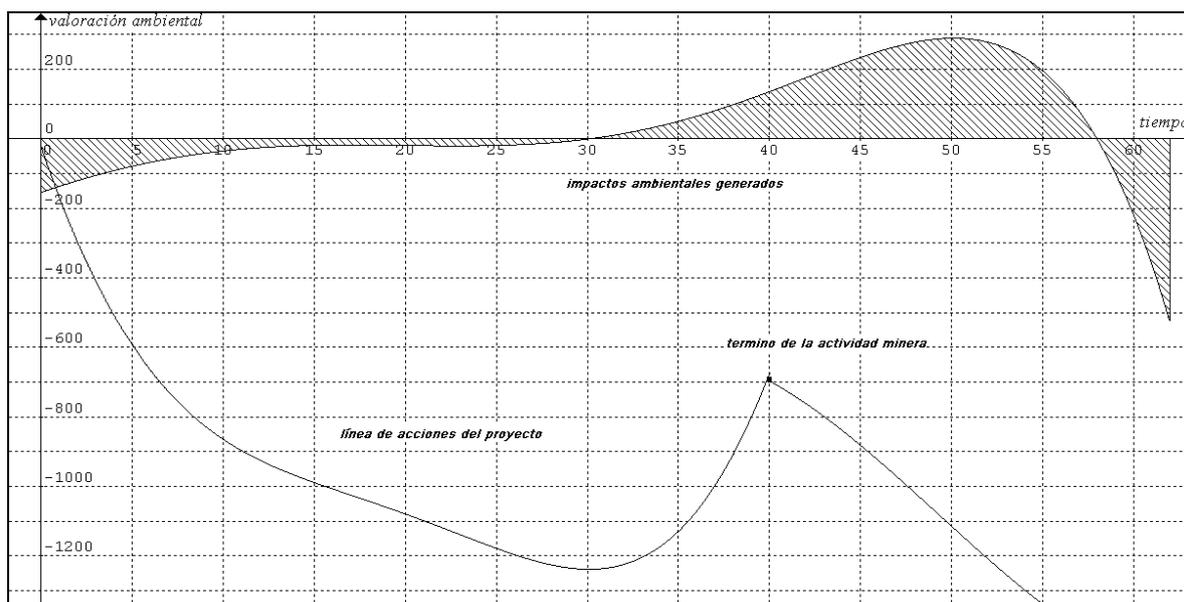
Estos cambios, transformaciones y modificaciones del sistema paisajístico pueden producirse en diferentes fases, o la misma actividad puede desarrollarse en varias fases produciendo un efecto continuado en el tiempo.

Hay que tener en cuenta que las acciones del proyecto minero son analizadas y valoradas por su incidencia en el medioambiente como factores de producción o bienes de consumo paisajístico, que afectarán de forma positiva o negativa a los parámetros perturbados, ya sea el medio físico como el agua, el suelo, la vegetación, el paisaje, la atmosfera, o en el medio socioeconómico de la población como la renta o el consumo, y que en este último factor puede ser la generación de nuevos espacios de deshechos o escombreras.

Para valorar los efectos de la producción o consumo del impacto paisajístico<sup>2</sup> ocasionadas por las actuaciones del proyecto minero se debe elaborar una matriz de incidencia o diagnóstico, con los datos de las acciones que producirán las modificaciones en el sistema paisajista; y que servirán para configurar la trayectoria o línea del proyecto con los impactos generados en el proyecto minero, hasta el término o abandono de la actividad productiva, como se observa en la siguiente ilustración:

---

<sup>2</sup> Mejoramiento, empeoramiento o eliminación de los contenidos del paisaje, Manual de economía ambiental y de los recursos naturales, Pere Riera



### 1.6 Las acciones e impactos del proyecto minero

En la etapa inicial de desarrollo, el paisaje o cualquier factor ambiental, es degradado por las acciones del proyecto minero, y recuperado de forma parcial, hasta el cese de la actividad, sin aplicar medidas restauradoras eficaces al proyecto. Posteriormente, este factor ambiental, incrementa su alteración por acciones naturales, generando un gran impacto ambiental o paisajístico. Este proyecto minero tiene una rentabilidad ambiental no sostenida por la carencia en la aplicación de medidas restauradoras en la etapa de abandono.

#### 1.1.4.2 LA FUNCIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE

La función de transformación explicada como *línea de proyecto*, está definida por las acciones que se ejecutan en el proyecto, valorando el factor ambiental susceptible a ser alertado o modificados por las actividades<sup>3</sup>, y la calidad paisajística del sistema en el ámbito del proyecto.

Estos valores se presentan en una matriz como los costos o inversiones que se realizarán en la realización del trabajo, y el tiempo de alteración del factor paisajístico afectado. Estos parámetros de valoración se resumen como una acción de consumo ambiental, como pérdida o eliminación de calidad, y de producción, ganancia o mejoramiento en los contenidos paisajísticos originados por el proyecto minero.

La función de transformación permite homogenizar las unidades de medida de indicadores en factores afectados del sistema paisajístico y expresarlos en unidades abstractas de calidad ambiental (Conesa, 2010).

<sup>3</sup> El registro de factores ambientales puede ampliarse según el proyecto

Es conveniente, tener presente que algunas actuaciones que alteran en el factor del paisaje con el proyecto, como los tiempos de exposición a estas acciones, son de difícil comprobación para la evaluación monetaria en el proceso de valoración ambiental. Para certificar estos datos es necesaria la opinión de un experto o auditor ambiental especializado en el tema.

Los parámetros de valoración en la matriz de un proyecto minero, son:

#	MATRIZ DE VALORACIÓN PAISAJISTICA Valoración de acciones del proyecto minero <sup>4</sup>	Afectación al paisaje Costos o inversiones	Tiempo de alteración
	Perdida por contaminación de recursos hídricos		
	perdida en la calidad del agua		
	perdida de área de suelo útil por contaminación		
	perdidas geomorfológicas producidas		
	Perdidas por erosión superficial producida		
	Perdidas por movimientos y hundimientos		
	perdidas por inestabilidad de laderas		
	perdida en número de especies de fauna		
	perdida de especies de flora		
	Perdida de cobertura de pastos		
	perdidas de cobertura en bosques y matorrales		
	perdida de ecosistemas		
	Pérdida de calidad del paisaje		
	Desaparición de puntos de interés		
	gastos en salud e higiene de la población		
	Perdida por falta de seguridad		
	Perdida de tradiciones y costumbres		
	Pérdida de capacidad de uso agrícola		
	Pérdida de capacidad del uso urbano		
	Pérdida de capacidad del uso industrial		
	Pérdida de puntos de interés turístico		
	Incremento de la renta per cápita		
	Incremento del nivel de empleo		
	Incremento del consumo y bienestar social		

### 1.7 La matriz de valoración paisajista

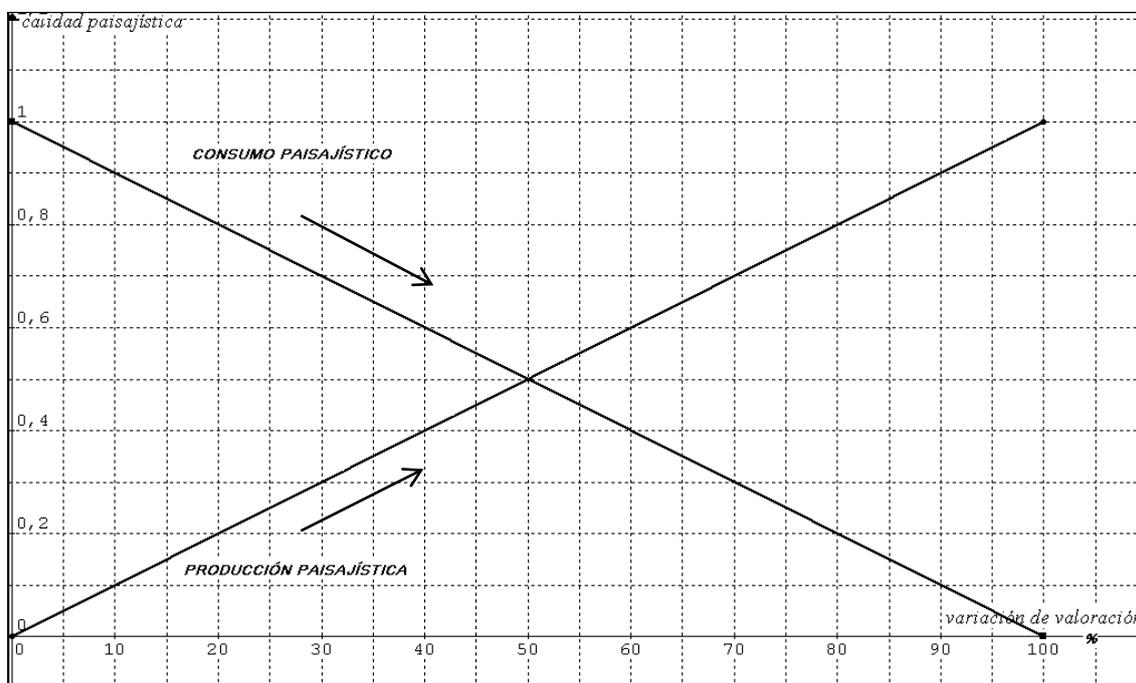
Es conveniente realizar los cálculos de valor como si un trabajo de planificación se tratara, elaborándolos con un margen de error adecuado para prevenir posibles desviamientos por acciones imprevistas, y redactándolos como un estudio de pre factibilidad antes del desarrollo y ejecución de la actividad minera.

El concepto que se quiere transmitir, es que todo proyecto minero va a producir cambios, modificaciones o alteraciones en el paisaje; deben predecirse antes del inicio de la actividad

<sup>4</sup> Son las acciones más comunes en los proyectos mineros

minera como si se tratara de un estudio de rentabilidad económica de la explotación que se realiza antes del funcionamiento de la actividad.

Con los datos de la matriz del proyecto minero se elabora la función de transformación:



1.8 La función de transformación

Los valores paisajísticos del proyecto son:

- Por producción con la introducción o mejoramiento del valor paisajístico
- Por consumo con la eliminación o pérdida del valor paisajístico

La variación de los valores paisajísticos del proyecto minero, en porcentaje de cada factor afectado, es expresada en valores de calidad paisajística mediante una función de transformación, ya sea en términos de pérdida con el consumo paisajístico o ganancia con la producción paisajística. La valoración final estará referida a la comparación de la calidad ambiental con y sin el proyecto minero en el tiempo.

Otros autores, definen la función de transformación del factor del paisaje como una curva exponencial, comparando el valor relativo del paisaje con la calidad ambiental. Sobre este aspecto de la investigación, quiero conceptualizar que la sub funciones de transformación paisajísticas, las de producción o consumo de impactos, engloban a todos los factores medioambientales que intervienen en el proyecto minero.

### 1.1.5 LOS PASIVOS MINEROS DEL PROYECTO

Por diferentes motivos técnicos, económicos o ambientales, las instalaciones mineras, el material utilizado, las edificaciones construidas, el equipo y otros activos mineros no pueden continuar la actividad productiva, o incumplen el reglamento de recuperación ambiental de la zona degradada, lo que origina una paralización temporal o definitiva de la actividad minera. Esta paralización definitiva genera los llamados *pasivos mineros*, que constituyen un gran problema por el impacto paisajístico que producen.

El pasivo ambiental minero es el área donde se realizó una actividad, trabajos de exploración, explotación minera o metalúrgica en una fase anterior<sup>5</sup>, y fueron abandonados sin realizar ningún trabajo de rehabilitación ni ejecución de medidas restauradoras con el fin de eliminar o minimizar los impactos ambientales producidos.

Una definición más completa de pasivo ambiental a la que hace referencia la legislación, *es el conjunto de los daños ambientales, en términos de contaminación del agua, del suelo, del aire, del deterioro de los recursos y de los ecosistemas, producidos por una explotación, durante su funcionamiento ordinario o por accidentes imprevistos, a lo largo de su historia*<sup>6</sup>.

En la actividad minera, el término de *daños ambientales* se refiere a los pasivos generados por las instalaciones, efluentes, emisiones, restos, depósitos de residuos producidos por las operaciones mineras activas o inactivas, que constituyen un riesgo para las personas, y generan un impacto ambiental permanente y potencialmente dañino para la salud de la población y el ecosistema.

Los componentes de minas abandonadas son considerados legados negativos de una actividad minera anterior que ponen en evidencia la falta de cuidado y planeamiento en las prácticas de una minería respetuosa con el medioambiente, y la falta de adecuación a la normativa ambiental, ambas acciones derivadas de un desconocimiento, tanto por parte de las autoridades competentes como de los técnicos responsables, de los posibles problemas que ello generaría después del cese de la explotación minera.

La Problemática que presentan los pasivos ambientales mineros y la preocupación que generan se debe a las siguientes razones:

- No son monitoreados, no reciben mantenimiento ni son restaurados lo que constituye un peligro latente
- Son fuentes generadoras de un gran impacto ambiental, necesitando estudios y grandes inversiones para su recuperación
- Afectan la imagen como actividad de la empresa y comprometen al desarrollo futuro de la población y del entorno.

Para el U.S. Bureau of Mines<sup>7</sup>, una mina abandonada es el área de exploración o explotación minera inactiva o sin rehabilitación, y puede incluir bocaminas, chimeneas, tajos, pilas, relaves, estructuras, carreteras, exploraciones y otros elementos relacionados, en desuso; y siempre generando un riesgo para las personas.

---

<sup>5</sup> Generalmente, los pasivos mineros están constituidos por residuos metalúrgicos

<sup>6</sup> [http://www.odg.cat/documents/enprofunditat/Deute\\_ecologic/3\\_pasivos\\_cast.pdf](http://www.odg.cat/documents/enprofunditat/Deute_ecologic/3_pasivos_cast.pdf)

<sup>7</sup> Agencia del Gobierno de los Estados Unidos encargada de los recursos naturales, fundada en 1910

Los pasivos ambientales mineros pueden presentarse de muchas formas pero las más usuales son:

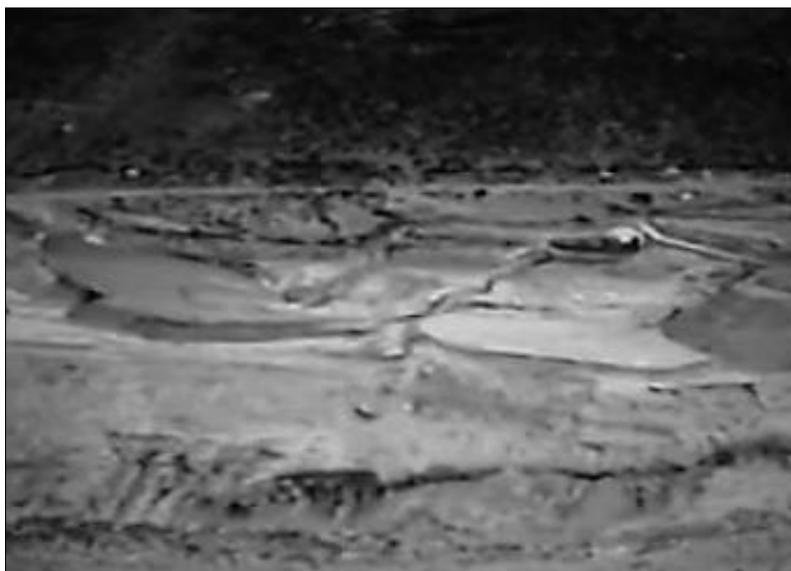
- La bocamina, es el espacio físico por donde se hace el ingreso a una mina subterránea. Se puede decir que es el límite entre el espacio exterior y el espacio interior donde se realizan las actividades mineras de explotación. Las características están en función al tamaño, que le dan facilidades para los accesos de los trabajadores, los equipos de transporte para la extracción del mineral o los vehículos de transporte.
- La chimenea, es una perforación que se ejecuta en la roca y que tiene la misión de comunicar a más de una galería en el interior de las minas subterráneas, las que salen a superficie generalmente sirven para la ventilación de la mina.
- Los cortes, constituyen el área cercana a la bocamina de ingreso, que por su estructura y composición es similar a un rajo.
- Los depósitos de desmonte, constituyen el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a cielo abierto, que no contiene valores extraíbles ya que su extracción no es económica, por lo que se amontonan en zonas donde no se realizan actividades de explotación.



1.9 Deposito de desmontes de mina

- Los depósitos de relave del material procedente de las minas o llamadas usualmente relaveras, son áreas ocupadas por desechos de minerales o materiales de grano fino sin valor comercial, que se obtienen como producto de los procesos metalúrgicos de concentración de minerales por el método de flotación u otras operaciones relacionadas. Estos relaves son dispuesto de forma solido-liquido, comúnmente llamada pulpa, eliminando el agua después de la

sedimentación de los sólidos. Su característica es ser un material fino de fácil erosión por la acción del viento y de las escorrentías con alto contenido de productos químicos. Su disposición exige generalmente la construcción de una presa de sostenimiento, la misma que por lo general se construye con el mismo material grueso que está contenido en la pulpa. Las ubicaciones son diversas de acuerdo generalmente a las características del terreno que se usa, pudiéndose ubicar en laderas, quebradas o pampas.



#### 1.10 Deposito de relaves de mina

- Las instalaciones abandonadas son otros problemas que se presentan en la minería ambiental y catalogada como desechos. Son espacios ocupados por edificaciones mineras como plantas concentradoras, laboratorios, campamentos, oficinas, talleres, almacenes, tuberías de suministro de energía y agua, sin operación ni uso.
- La media barreta, son labores de exploración en la minería subterránea que cuentan con dimensiones menores a las bocaminas y de poca profundidad.
- El rajo, es el área de explotación regular de los afloramientos de minerales de veta y que tienen dimensiones pequeñas y generalmente cercanas a la superficie.
- El socavón es el espacio vacío que queda después de la explotación de la mina o yacimiento, cuya ubicación minera es inmediatamente después de la bocamina. Generalmente son cuencos gigantes que pueden ser muy superficiales como profundos dependiendo del volumen del mineral que se ha extraído y la técnica de explotación utilizada.
- El tajo, es el espacio vacío dejado por la explotación de minerales a cielo abierto. Este pasivo ha quedado generalmente delimitado por caminos de acceso y plataformas de circulación de los camiones. Son espacios mineros mayores que los rajos.

El estudio de los pasivos ambientales mineros debe empezar con:

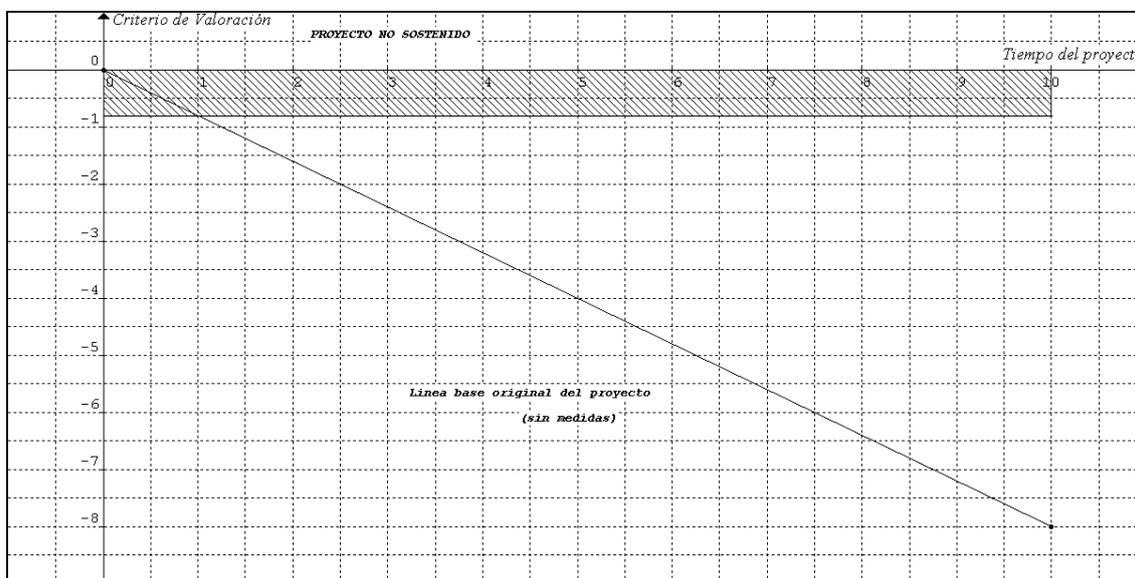
- a. La identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera
- b. Definir la responsabilidad y el financiamiento para la restauración de las áreas afectadas por éstos pasivos mineros,
- c. Definir los objetivos del proceso, como por ejemplo, mitigar sus impactos paisajísticos en el ecosistema circundante y la propiedad.
- d. Definir las acciones restauradoras y su valoración en el proyecto minero

A continuación, se presenta la matriz de identificación de los pasivos mineros y de los impactos ambientales generados por la actividad:

PASIVOS MINEROS	IMPACTO AMBIENTAL	TIEMPO DEL EFECTO
Depósito de relaves	Drenaje ácido	Permanente, medio plazo
Botadero de desmonte	Erosión por agua, viento o polvo	Permanente, corto plazo
Pilas de lixiviación	Inestabilidad geotécnica	Temporal, corto plazo
Suelos no productivos	Contaminación	Temporal, corto plazo
Bocamina	Impacto paisajístico	Permanente, inmediato
Chimeneas	Impactos paisajísticos	Permanente, inmediato
Deforestación del terreno	Erosión y descarga de sedimentos	Temporal, corto plazo
Labores mineras	Inestabilidad física y riesgos	Temporal, inmediato
Explosiones	Riesgo de accidentes	Temporal, instantáneo
Tajos abiertos	Impacto paisajístico	Permanente, inmediato
Edificaciones abandonadas	Riesgos en la seguridad	Permanente, inmediato
	Impactos paisajísticos	Permanente, inmediato
Instalaciones abandonadas	Impactos paisajísticos	Permanente, inmediato
Equipo abandonado	Riesgos de accidentes	Temporal, inmediato

#### 1.11 La matriz de identificación de pasivos mineros

La valoración paisajística de un proyecto conteniendo pasivos mineros, parte de los datos de las acciones de construcción o consumo paisajístico realizado en la fase de explotación minera; y que, según el criterio de valoración, la línea de proyecto se mantiene constante en el tiempo al no existir ninguna acción adicional que minimice la alteración producida<sup>8</sup>.



### 1.12 El impacto paisajístico permanente del pasivo minero

La línea de proyecto, representa la acción realizada en su momento en la construcción de la infraestructura minera, por ejemplo, de la bocamina, con destrucción de elementos del paisaje existente representado por la función de consumo paisajístico. Esta línea es el impacto económico de la acción durante el tiempo de construcción.

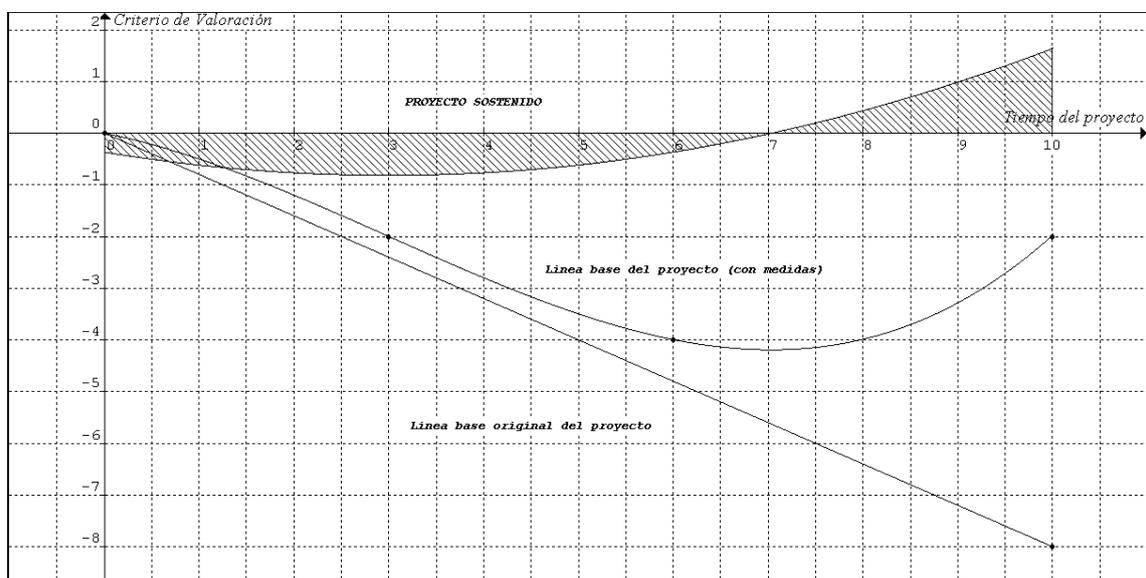
Como se dijo anteriormente, los paisajes mineros suelen ser pobres en contenido, por lo que la destrucción de los elementos paisajistas en el factor afectado del medioambiente suele ser, principalmente, el suelo o la vegetación.

La línea de impacto paisajístico del proyecto, representada por la zona sombreada, presenta una valoración negativa permanente y constante porque la valoración del paisaje no sufre variación en el tiempo, o pueda ser que esta variación sea mínima según las características del pasivo minero a valorar en el proyecto. La rentabilidad ambiental del proyecto minero es no sostenida.

La ilustración anterior representa gráficamente el pasivo minero, sufre una modificación del valor paisajístico con la introducción de medidas de restauración en las acciones iniciales del proyecto. Estas acciones restauradoras son producto del estudio y planificación del programa de restauración con los objetivos ambientales que se persiguen. El resultado final es un

<sup>8</sup> Proyecto no sostenido

proyecto sostenido en el tiempo por la introducción de medidas restauradoras en la fase de abandono minero, como se observa en la ilustración:



1.13 La introducción de medidas restauradoras en el pasivo minero

Con la aplicación de las medidas restauradoras, el impacto paisajístico generado por las acciones iniciales<sup>9</sup> se minimiza; la valoración final de estas acciones es la integración de la línea del proyecto con las medidas de recuperación ambiental a ejecutar.

Según los objetivos planteados en la recuperación de los pasivos mineros del proyecto, se elabora un programa de restauración de las acciones iniciales. Este documento debe contener principalmente:

- a) La justificación del problema ambiental generado, plantear los objetivos y el procedimiento de recuperación de los pasivos mineros. Por ejemplo, la justificación del problema y los objetivos del programa pueden ser el de reforzar y mejorar el sistema de evaluación del impacto paisajístico de la actividad minera, con una evaluación adecuada y mayor peso de los aspectos sociales, y reforzar la capacidad de fiscalización y cumplimiento de las acciones de restauración.
- b) Definir el marco teórico de trabajo. Puede incluirse el control y el proceso de minimización en los impactos paisajísticos de los factores afectados, como la topografía, la calidad de la atmosfera, la calidad del suelo, la calidad del agua superficial, y el factor socioeconómico. También incluirá el proceso de rehabilitación empleado y el método utilizado.
- c) La Identificación e inventario de los pasivos mineros y de los impactos paisajísticos existentes en el proyecto, mediante una ficha de evaluación.

<sup>9</sup> Impacto negativo por acciones del proyecto

- d) El diseño de un paquete de posibles medidas restauradoras que se pueden aplicar. Esta información puede provenir de expertos, personal técnico involucrado en el proyecto y de la población afectada. Las medidas pueden ser acciones tecnológicas, de equipamiento, de procedimiento, de formación u otras adecuadas para el proceso de recuperación de los pasivos mineros.
- e) La elaboración del conjunto de medidas a aplicar según los objetivos, teniendo en cuenta la eficacia, eficiencia, la viabilidad técnica y económica.
- f) Ordenar las medidas a aplicar según la urgencia, necesidad y capacidad del proyecto
- g) Establecer un cronograma de aplicación de las medidas propuestas y la estimación de los costos directos e indirectos
- h) Realizar un análisis de impacto económico de las medidas propuestas. Se puede completar este estudio con un estudio adicional sobre la rentabilidad ambiental esperada con el programa de restauración
- i) Definir los métodos, medios y el plan de seguimiento requeridos para asegurar el éxito en la aplicación de las medidas y el control posterior

La ficha para la identificación de los pasivos mineros debe incluir:

Nº	Nombres_Pasivo	Tipo_Pasivo	Prioridad	Sustancia	* Coordenadas UTM		Zona	Cuenca	Area o Radio_Influencia	Observaciones
					Norte	Este				
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										

\*Datum  
PSAD 56

**Prioridad**  
 A: Drenaje de aguas ácidas contaminadas  
 C: Riesgo de falla catastrófica  
 E: Erosión  
 S: Contaminación con sedimentos

1 : alta  
 2 : media  
 3 : baja  
 4 : no significativa

**Tipo de Pasivo Ambiental Minero**

1 Depósitos de Relaves (Relaveras)  
 2 Botadero Desmontes  
 3 Depósito de Escorias  
 4 Pilas de Lixiviación  
 5 Labores Subterráneas  
 6 Tajo Abiertos

**Sustancia**

Metálica : M  
 No Metálica : NM

### 1.14 La ficha técnica de evaluación del pasivo minero

Un ejemplo de la aplicación de medidas paisajísticas restauradoras para la regeneración de un área degradada por los pasivos mineros, concretamente la existencia de campos de relaves

mineros, es el trabajo de recuperación de terrenos en la provincia de Samne, Departamento de La Libertad, en Perú<sup>10</sup>:



1.15 Pasivo minero Samne (La libertad-Perú)

El resultado de la aplicación de las medidas restauradoras:



1.16 La restauración del pasivo minero Samne (La libertad-Perú)

Estas medidas restauradoras de pasivos mineros, pueden complementarse con inversiones productivas con acciones sobre los terrenos recuperados, como la implementación de zonas de cultivo o de energías renovables, con un impacto positivo para el medioambiente y para la economía de la zona; con el fin de incrementar la rentabilidad ambiental del proyecto minero y la aceptación de la actividad por la población.

---

<sup>10</sup> Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

### 1.1.5.1 LA VALORACIÓN PAISAJÍSTICA DE LOS PASIVOS MINEROS

La funcionalidad de los factores del medioambiente no es independiente unos de otros, sino que pueden estar profundamente interrelacionados, lo que quiere decir que la afectación en un factor tendrá posibles consecuencias en otro factor ambiental con la ejecución de los proyectos.

Por este motivo es necesario hacer un análisis ambiental exhaustivo del proyecto y del entorno que lo acoge para establecer las relaciones causa-efecto entre las acciones del proyecto y los factores ambientales afectados, que determinaran potenciales alteraciones que se pueden generar con la actividad.

Dicho de este modo, un paisaje se puede construir o destruir, agregar o quitar componentes como si se tratara de una pintura o un boceto. El ecosistema y su funcionamiento es más que la suma de sus partes, por esto los factores del sistema paisajístico no solo lo integran factores permanentes como el suelo, con la topografía o la vegetación, también lo constituyen componentes temporales como la fauna, o inmateriales como la atmosfera.

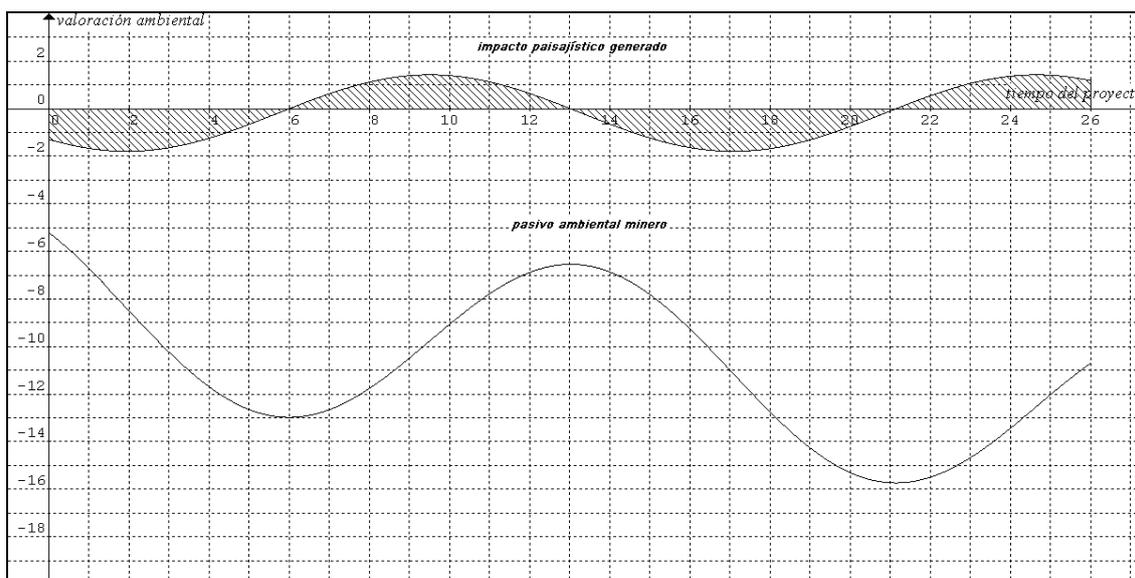
El *sistema paisajístico* es una interrelación de todos estos factores medioambientales, donde el paisaje actúa como un sistema controlador que tiene la función de ser el termómetro universal del entorno ambiental o un indicador de la salud de todos los factores, físicos y socioeconómicos, donde se desarrolla el proyecto.

La metodología de valoración del sistema paisajístico se presenta compleja para evaluar todos y cada uno de los componentes que lo diseñan, pero me centrare en algo más simple en la valoración paisajista como el factor de pérdida o ganancia por el deterioro, la modificación, la alteración, la introducción o la eliminación de alguno de sus componentes paisajísticos por la actuación humana, que lo definiré como el consumo o producción paisajística.

El criterio más apropiado para la valoración paisajista de los pasivos mineros, es definir las pautas y datos monetarios referentes al consumo o la producción de elementos o componentes del entorno paisajístico, que se realizan por una acción minera. Estas valoraciones paisajísticas monetarias pueden ser por los costos por mano de obra, por el material empleado, por acciones de herramientas o cualquier forma de actuación que interviene en la generación del pasivo minero.

El trabajo del proceso de valoración paisajística de los pasivos mineros empieza con la elaboración de un diagnóstico e inventario ambiental para tener información detallada sobre el entorno del proyecto, su estado, forma y condición; el grado de alteración que se presentan en los factores ambientales identificados y su valoración paisajística.

Además, esta información debe incluir anotaciones de como pueden ser afectados la valoración del pasivo minero con acciones externas de recuperación, o por ejemplo, con las nuevas tecnologías ambientales, lo que diseña su trayectoria, y también, el grado de fragilidad ambiental para absorber los posibles impactos paisajísticos generados, como lo demuestra la siguiente ilustración:



1.17 Acciones generadoras del pasivo minero y el impacto paisajístico

### 1.1.5.2 EL INVENTARIO DE LOS PASIVOS MINEROS

El inventario ambiental es una tarea continuada de identificación y análisis para valorar la dinámica, amenazas y riesgos que se presentan. Su interpretación valora la calidad paisajística existente, la fragilidad del entorno y sirve de diagnóstico del estado real del medioambiente en el proyecto minero.

El inventario del entorno minero y ambiental conteniendo los pasivos mineros puede realizarse con fuentes documentales, estadísticas, cartográficas, por estudios anteriores y técnicas fotográficas o de satélite, trabajos de campo con la comprobación visual y la toma de muestras por expertos.

Los aspectos a considerar en el inventario ambiental son los siguientes:

- Definir el ámbito de estudio del proyecto conteniendo los pasivos mineros. El estudio incluye el ámbito natural y socioeconómico, que no siempre suelen coincidir en los proyectos porque el entorno natural es el medio físico o la superficie donde se va a desarrollar, y el aspecto socio económico es el área de influencia.
- Las condiciones normativas existentes puede delimitar el área del proyecto minero, como por ejemplo la inclusión de una zona protegida en parte de la superficie.
- Las actuaciones previas al proyecto minero pueden definir o agregar superficie al inventario ambiental e incluir efectos acumulativos a la información.
- El tiempo de realización para el inventario o la urgencia en su elaboración limita la información ambiental y el contenido del inventario.
- El presupuesto destinado para el estudio del inventario limitará la información que se pueda recabar y la elaboración del inventario.

El inventario es un medio no un fin para valorar el entorno paisajístico, debe reflejar la realidad del proyecto y del ambiente donde se desarrolla. Por esto, la definición de inventario más completa sería la de ser un diagnóstico de la situación en términos de calidad, fragilidad y de las tendencias ambientales que se producirán. Los resultados de este proceso servirán para programar el equipo de trabajo que encargará de evaluar y dar seguimiento al proyecto.

En términos del paisaje visual, el inventario debe realizarse en el contenido externo del entorno ambiental del proyecto minero, valorándose principalmente los aspectos de condiciones de visibilidad, de calidad y fragilidad visual; en la cuenca visual los componentes singulares y unidades del paisaje identificadas. Su atención por parte del equipo de expertos exigirá una cartografía lo suficientemente detallada para definir los lugares donde se observará el proyecto minero<sup>11</sup>.

El inventario ambiental de los pasivos mineros debe tener un enfoque sistemático y riguroso. La información obtenida pasa por un proceso de selección para simplificar y eliminar datos e información que sea innecesaria o irrelevante. Debe ser útil para definir las unidades ambientales o secciones homogéneas de estructura y funcionamiento del área de estudio que sirvan para determinar las infraestructuras no activas del proyecto minero.

Estas unidades ambientales pueden ser definidas por la superposición de capas cartográficas con la información acumulada en el inventario realizado. Las unidades ambientales deben ser relevantes para el estudio de los pasivos ambientales y el número de categorías empleadas en el inventario no deben ser excesivo ni con demasiado detalle para que produzca confusiones en el tratamiento de la documentación.

En el inventario se incluyen información de datos organizados, técnicas estadísticas, modelos y otras representaciones numéricas, para dar una visión estructural y sistemática del fenómeno representado<sup>12</sup>.

Para realizar el inventario de los pasivos ambientales mineros es recomendable realizarlo sobre cuatro categorías de estudio diferenciadas:

- a) Categoría físico química
- b) Categoría biológica
- c) Categoría paisajista
- d) Categoría socio cultural

Cada categoría engloba multiplicidad de variables para el estudio del inventario, pero me centraré en los aspectos y las variables paisajistas de los proyectos mineros que interesan en la investigación, y abarcan al conjunto de factores ambientales, porque el objetivo de este estudio es establecer la forma de integrarlas al entorno medioambiental del proyecto minero.

Algunas empresas mineras que concluyen sus operaciones, abandonan las instalaciones o dejan efluentes y residuos sólidos en la zona de operación sin implementar medidas

---

<sup>11</sup> Cartografía 1:10.000 a 1:50.000

<sup>12</sup> Nijkamp, 1985

restauradoras, produciendo una gran alteración ambiental en las áreas cercanas a la zona de operaciones con un gran impacto paisajístico.

Las formas de los pasivos mineros que se presentan comúnmente son:

- Depósitos de relaves.
- Botaderos de desmontes
- Depósitos de escorias
- Pilas de lixiviación
- Labores subterráneas
- Tajos abiertos

Los principales impactos paisajísticos identificados por los pasivos ambientales mineros son:

- Degradación del paisaje
- Contaminación de cuerpos acuíferos y ecosistemas acuáticos por filtraciones, descargas de drenaje ácido y arrastre de residuos.
- Contaminación de suelos
- Contaminación de la atmosfera por polvo y ruidos
- Inestabilidad física con derrumbes y deslizamientos
- Efectos sobre otras actividades económicas como agricultura y ganadería
- Efectos sobre la salud y la calidad de vida de la población por intoxicaciones y desplazamientos

Para el inventario de los pasivos mineros existentes se debe elaborar un registro de trabajo conteniendo los datos mineros a estudiar. La amplitud del estudio debe incluir toda la zona que quiere restaurar, y a todos los elementos que inciden y generan un impacto paisajístico en el proyecto minero, por lo que debe ser un estudio minucioso y la valoración lo más objetiva posible para su elaboración.

Toda esta información debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar el programa de restauración ambiental del proyecto, que es el paso siguiente al inventario inicial y se discutirá en el capítulo correspondiente.

El estudio de la zona que va a ser inventariada empieza con establecer los límites de la exploración paisajística, la ubicación y localización de los pasivos mineros existentes, e identificar los elementos que lo componen bajo la definición de pasivo, su condición y el tiempo de construcción. También será necesaria la información relativa a las valoraciones en forma de costes y cantidad de los pasivos existentes en la zona degradada.

La condición de permanencia de los pasivos mineros puede ser:

- Temporal
- Permanente

Para la posterior valoración de los impactos generados por los pasivos mineros es importante establecer y definir el estado en la situación pre operacional de los elementos inactivos y las estimaciones futuras de la dinámica del proyecto minero. Esto supone la identificación de los

procesos mineros que se desarrollan, y las tendencias de modificación o alteración que se producirán.

En el caso de la infraestructura evaluada, cuando la dinámica que se presenta es mínima o nula en el tiempo por su condición de inactividad minera, como es el caso de esta investigación, se produce solo la alteración visual generada por los elementos estáticos mineros.

A continuación, a modo de referencia se elabora un listado de los pasivos mineros estáticos más comunes que afectan al paisaje del entorno del proyecto en particular. Este listado puede incluir otros elementos que perturban el entorno ambiental con condiciones paisajísticas dinámicas más complejas para el proceso de valoración, como los efluentes ácidos de condición temporal o permanente.

Pasivo minero	Tiempo de ejecución	Costo unitario	Nº de unidades	Condición
Movimiento de tierras				
Carreteras y caminos				
Bocaminas				
Chimeneas				
Relaveras				
Edificios e instalaciones abandonadas				
Equipos y material abandonados				
Tajos mineros				
Zona de escorias				

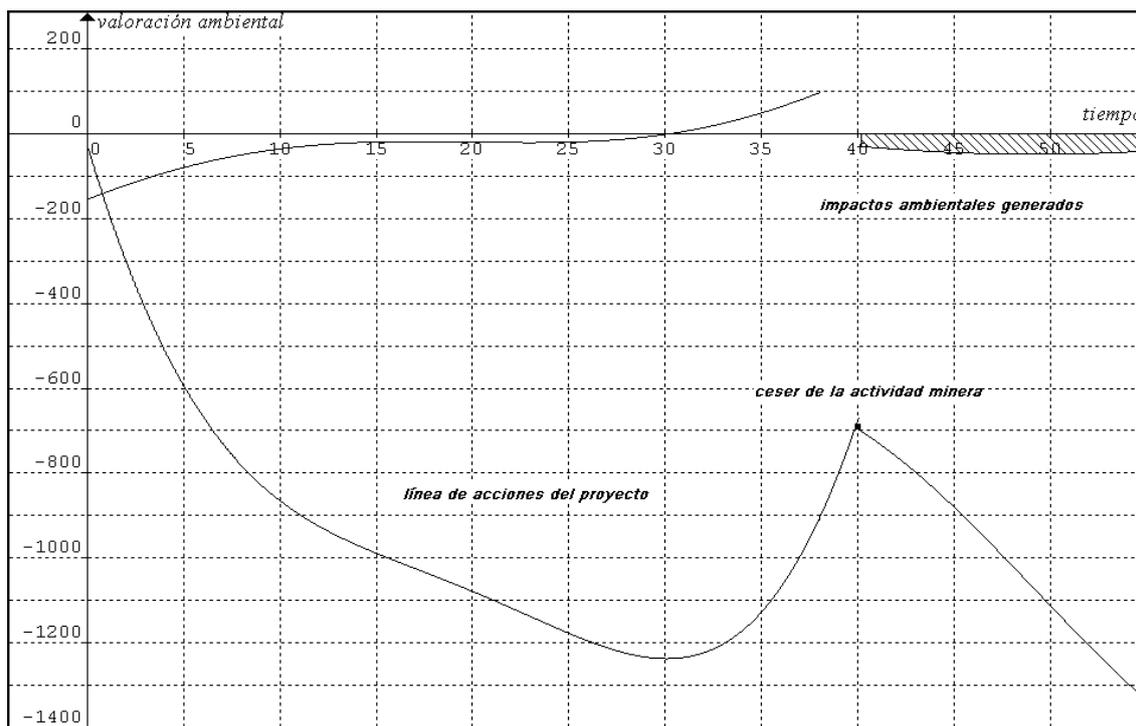
#### 1.18 El listado de pasivos mineros del proyecto

Esta información del inventario de los elementos inactivos que modifican el paisaje de la zona minera, deben ser complementada con datos técnicos, como el tiempo de inicio y de finalización de la construcción, los costos de mano de obra y de materiales si se utilizan con el fin de establecer un programa de trabajo en la restauración lo más real posible y que sea útil para el proceso de valoración paisajista.

La valoración económica implica al costo total que se realizó en la construcción del pasivo minero, y es la inversión total o los costes directos empleados en la modificación, alteración,

construcción o destrucción del paisaje y de sus componentes, lo que determina las acciones realizadas sobre el paisaje en el entorno medioambiental minero.

En la siguiente ilustración, se puede observar en la parte superior del diagrama el impacto ambiental generado por un pasivo minero, posterior a la finalización de la actividad minera con la extracción y la recuperación del mineral por el proceso de flotación. Este proceso dinámico genera un gran impacto paisajístico por lo que se procede a restaurar el sistema con un programa gradual de restauración paisajística:



1.19 El proyecto minero y los impactos paisajísticos generados

Se pueden distinguir claramente tres etapas del proyecto minero:

- La etapa de acciones mineras o de explotación
- La etapa de medidas restauradoras, y
- La etapa de abandono

Un activo minero puede generar impactos ambientales que varían en el tiempo. Estas modificaciones pueden ser valorados y corregidas, si es necesario o eliminados introduciendo medidas restauradoras denominadas estratégicas, que pueden ser temporales o permanentes, según sea el objetivo del programa de trabajo que se quiere realizar con el fin de hacer sostenible el proyecto en el tiempo; lo que quiere decir que los impactos generados no sobrepasen el límite establecido para su sostenibilidad<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> La sumatoria de impactos debe ser  $\geq 0$

Por motivos externos a las empresas, usualmente a la finalización de la actividad se abandonan las instalaciones mineras, y se deja de lado la aplicación de medidas de restauradoras del terreno utilizado, lo que origina que se generen o se incrementen en el tiempo los impactos paisajísticos, haciéndose más visibles que los originados inicialmente, con un deterioro progresivo de la zona y la afectación, en mayor grado, del bienestar ambiental en la población del entorno minero.

La siguiente fotografía muestra el impacto paisajístico provocado por los pasivos mineros:



1.20 Huancavelica-Perú. Relaves mineros

Como se observa en la fotografía<sup>14</sup>, los pasivos mineros existentes están compuestos por:

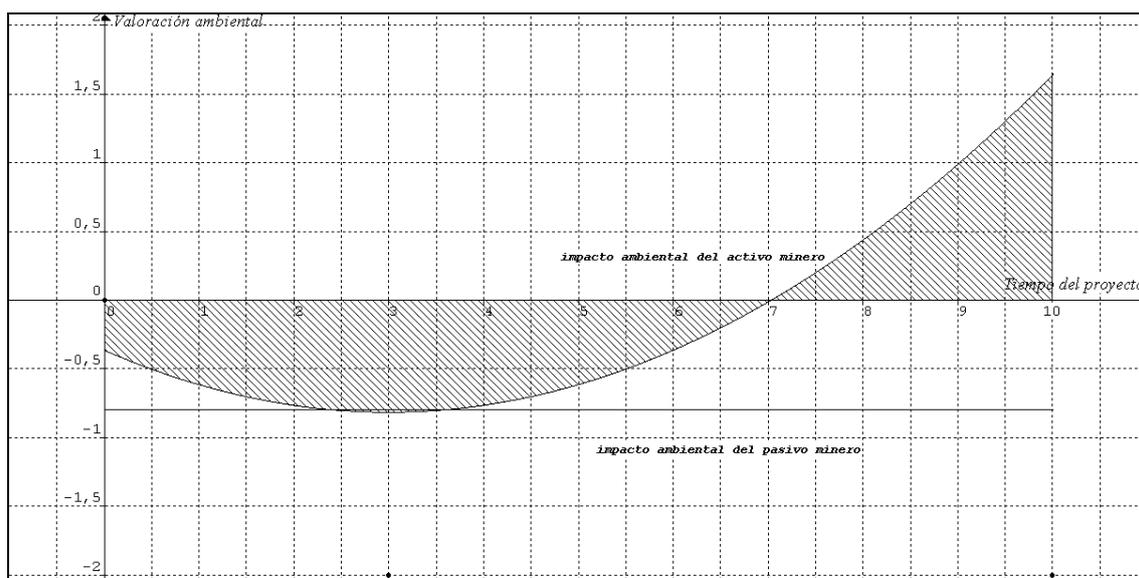
- El edificio metalúrgico para la concentración del mineral por el método de flotación
- Las carreteras en desuso
- El campamento minero
- La cancha de relaves

Como conclusión, el diagrama anterior demuestra que el proyecto minero tiene una rentabilidad ambiental no sostenida, existiendo un gran impacto paisajístico progresivo por la no continuidad y abandono del programa de restauración de los pasivos mineros existentes, incrementándose de esta forma el grado de alteración del paisaje en el tiempo, y el impacto paisajístico de la zona.

En la siguiente ilustración, se observa la diferencia que se produce en los valores de impacto ambiental o calidad ambiental en los activos y los pasivos mineros existentes, en un proyecto minero genérico:

---

<sup>14</sup> Fotografías del archivo del Ministerio de Energía y Minas del Perú : 1.15, 1.16 y 1.20



### 1.21 La valoración ambiental de activos y pasivos mineros

En el primer caso, una acción minera<sup>15</sup> puede inicialmente generar un impacto adverso al medioambiente y después convertirse en impacto beneficioso con la introducción de medidas correctivas; por lo contrario el valor del impacto de un pasivo minero siempre es constante, en este caso perjudicial, hasta que se introduzcan las medidas compensatorias que inviertan la trayectoria negativa.

En el caso de los activos mineros, el proyecto es sostenido porque la sumatoria ( $\Sigma$ ) de los impactos parciales en toda la vida del proyecto no sobrepasa el límite cero que se establece para la definición de sostenibilidad de un proyecto minero.

En un sentido diferente, el proyecto minero con impactos ambientales procedente de una explotación en desuso o inactiva genera impactos visuales que son constantes en el tiempo, como se observa en la fotografía de la página anterior, y sin la posibilidad de introducir medidas correctoras o compensatorias por la características de inactividad y abandono del proyecto. En este caso se genera un impacto global negativo permanente lo que origina que el proyecto no sea sostenible en el tiempo.

En la actividad minera se presentan una gran variedad de proyectos productivos con el desarrollo de acciones diversas según sean los objetivos y resultados a conseguir. Generalmente estas acciones son desarrolladas para obtener un beneficio económico y una rentabilidad de la inversión realizada con el deterioro del medio físico y/o el medio socioeconómico en el medioambiente.

La minería informal produce un gran deterioro en el medioambiente. Los proyectos más comunes en este rubro son los trabajos artesanales donde la actuación humana no está organizada ni planificada en las fases de prospección, explotación y abandono, utilizando técnicas mineras inadecuadas, incluso prohibidas, con métodos y productos químicos de

<sup>15</sup> Activo minero

extracción de mineral altamente tóxicos y contaminantes, causando una gran alteración ambiental en el medio físico, muchas veces irreparable, y un daño a la salud de la población del entorno.

La ficha de valoración de los proyectos mineros en desuso:

ACCIÓN	Pasivo minero-condición	Tiempo inicial	Tiempo final	Costo total
Construcción	Bocamina-permanente			
Construcción	Chimenea-permanente			
Almacenaje	Relaveras			
Construcción	Edificio abandonado 1			
Construcción	Edificio abandonado 2			
Residuos	Equipo abandonado			
almacenaje	Material abandonado			
Construcción	Tajo minero-permanente			
Vertido	efluente			
Residuos	Escorias			

### 1.22 El inventario de pasivos mineros

Como un ejemplo de minería informal, se presenta el caso de la actividad minera artesanal, con graves alteraciones en el medioambiente, específicamente en el paisaje, de la zona de explotación del proyecto. En una fase inicial se han realizado los movimientos de tierras en la construcción de caminos y carreteras, en el campamento para viviendas y usos habituales, y en el trabajo de búsqueda y prospección minera. Posteriormente en la fase de explotación minera se construye la boca de entrada a la mina, las chimeneas, respiraderos y se inicia la proyección de los túneles y las instalaciones para el procesamiento del mineral extraído.

El proyecto minero desarrolla la extracción de mineral por el método de galerías, y el procesamiento del material con operaciones de flotación metalúrgica y espesamiento del mineral, para obtener un concentrado metálico, con la generación de relaves o material de desecho altamente tóxico que se depositan en la ladera de la montaña.

Este concentrado de mineral, posteriormente será transportado a una fundición metalúrgica para su refinamiento final. El tiempo que permanece activa la explotación minera es de 20 años; transcurrido este tiempo se abandona la actividad de explotación sin realizar ningún tipo

de restauración ambiental ni un programa adecuado de cierre de la explotación minera, dejando los pasivos mineros sin restaurar y la alteración paisajística generada visible para el observador.

En el proceso de exploración visual, con una evaluación inicial de la zona se puede observar la existencia de los siguientes pasivos mineros abandonados y sus características:

Código Pasivo minero	PASIVO MINERO	CONDICIÓN	TIEMPO (AÑOS)		COSTO (miles de \$) <sup>16</sup>	
			Inicio	fin	Inversión	impacto
001	Carreteras y movimientos de tierra	Permanente	0	3	-6.000	-1.000
002	Bocamina y chimeneas	Permanente	3	6	-9.000	-820
003	Material y equipo abandonado	Temporal	6	10	-9.200	580
004	Instalaciones abandonadas	Permanente	10	15	-4.000	1.250
005	Vertido efluente relaves	Permanente	15	20	-15.910	-7.680
<b>TOTAL</b>			0	20	-44.110	-7.670

### 1.23 El inventario de pasivos mineros de un proyecto artesanal

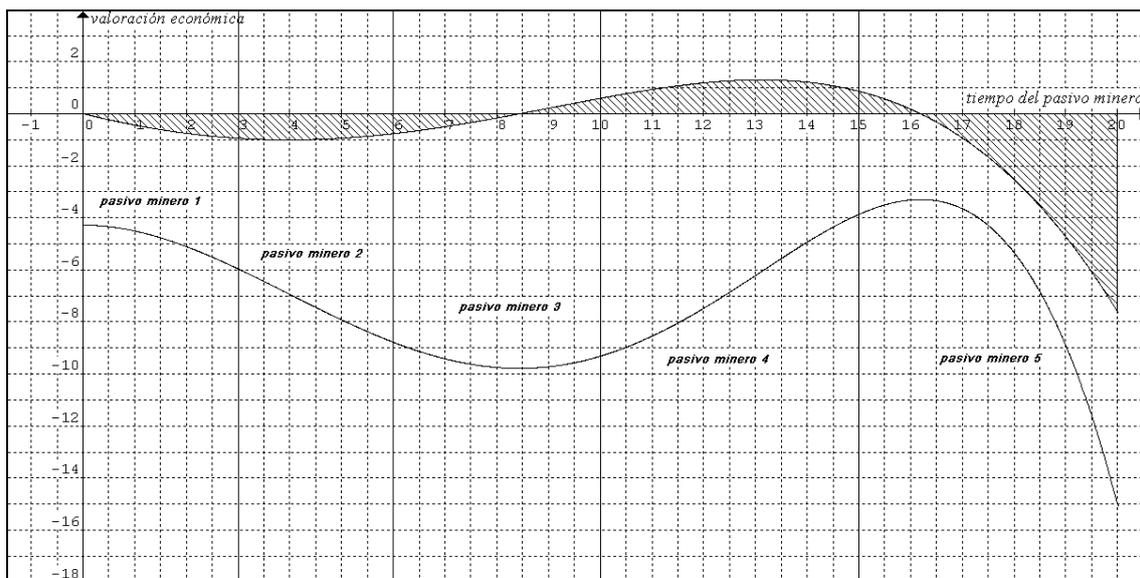
La primera medida a desarrollar, es diseñar un inventario de las acciones y tareas ejecutadas en el proyecto minero artesanal, incluyendo los costos aproximados y los datos relevantes de la inversión realizada, para elaborar un diagnóstico de los potenciales impactos paisajísticos generados con la actividad minera<sup>17</sup>.

También es necesario hacer las especificaciones de las características técnicas de los pasivos mineros producidos en estos trabajos continuos, no planificados y muy contaminantes para el medioambiente. La evaluación económica parte en valorar las acciones realizadas durante el desarrollo del proyecto minero.

La representación gráfica del inventario practicado, es la siguiente:

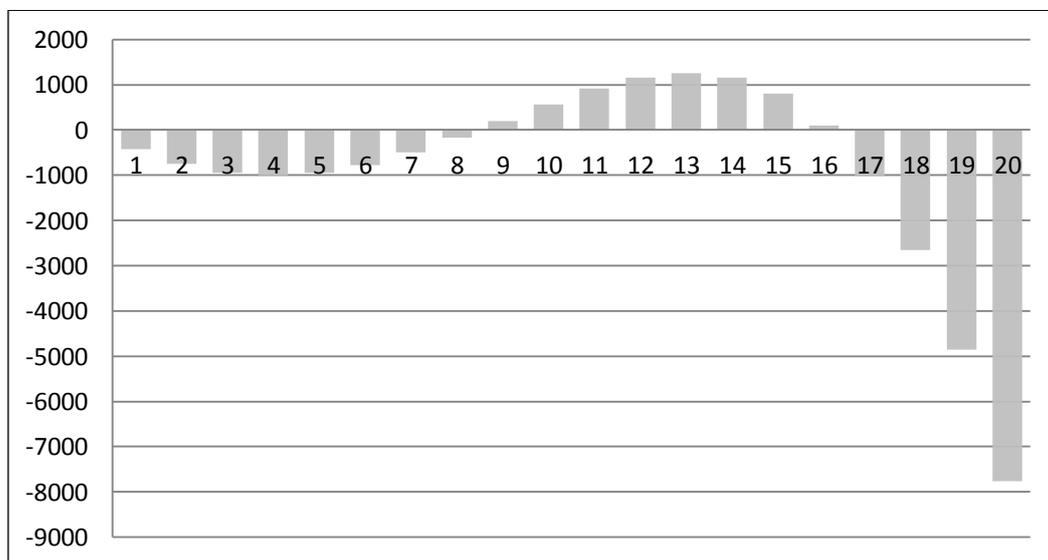
<sup>16</sup> Datos ejemplo: los costos negativos son acciones de transformación del paisaje con destrucción, los positivos por construcción del paisaje.

<sup>17</sup> Este inventario minero puede realizarse por el Método Pert



1.24 La valoración económica de los pasivos mineros del proyecto

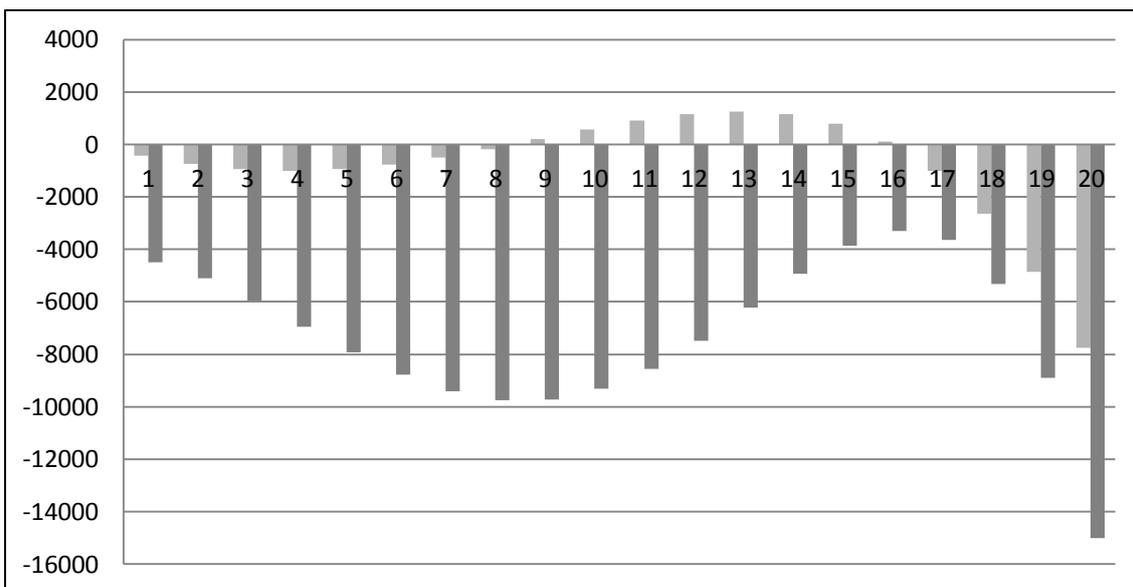
La línea superior representa la valoración económica del grado de impacto que se produce en el paisaje<sup>18</sup>. Estos elementos se representan en forma simple ya que a continuación del primer pasivo generado se sucede otro pasivo con características similares, y así sucesivamente.



1.25 La valoración de los impactos paisajísticos del proyecto

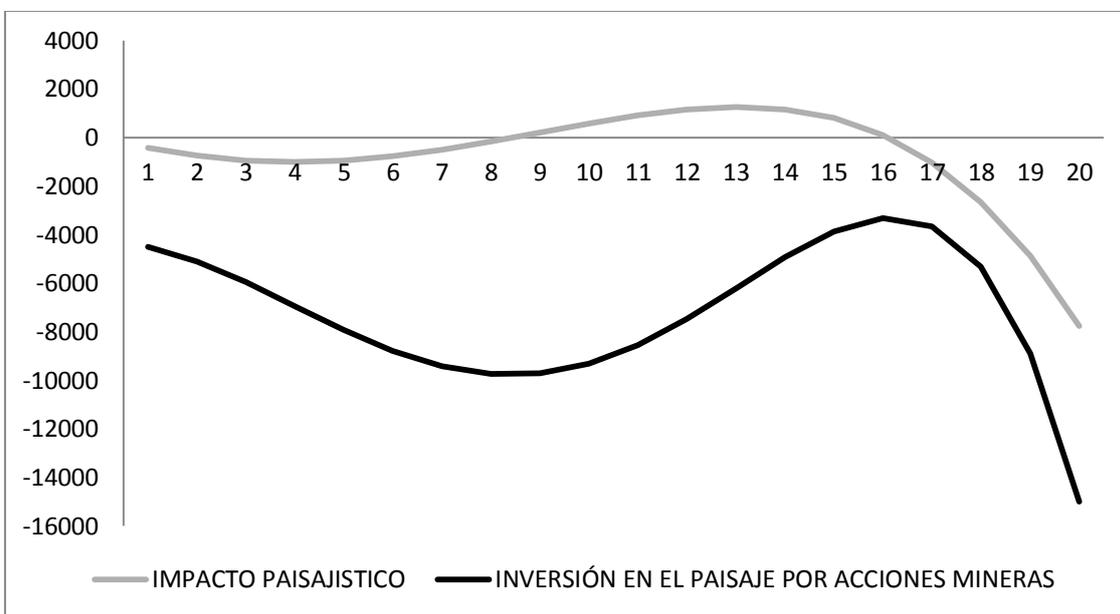
Comparando estos datos del impacto paisajístico, con las inversiones en las acciones realizadas en el proyecto, se puede observar<sup>19</sup>:

<sup>18</sup> Método de valoración paisajística



1.26 La inversión realizada por las acciones del proyecto

La trayectoria de la línea de impacto paisajístico no sigue la misma dirección de la línea de inversiones realizadas por las acciones de pasivos mineros del proyecto:



1.27 La comparación de datos ambientales del proyecto

<sup>19</sup> El impacto económico por acciones mineras en la modificación del paisaje

Los impactos negativos generados en el paisaje por las acciones perjudiciales del proyecto minero sobre el medioambiente son mayores y más numerosas, comparando con las actuaciones que benefician al entorno ambiental del proyecto, y que son producto de trabajos por medidas restauradoras temporales, lo que demuestra que el proyecto minero no es sostenido, con una tendencia lineal a incrementar el impacto paisajístico en el tiempo.

Estos análisis teóricos de las líneas de acción, de impacto ambiental y las tendencias de sostenibilidad del proyecto paisajístico, difieren con la percepción práctica del trabajo cotidiano. El impacto ambiental que producen las acciones de explotación del proyecto puede ser evaluado y valorado periódicamente, por ejemplo anualmente, para controlar el entorno ambiental donde se trabaja y calcular las tendencias de impacto que se generan, y la sostenibilidad del proyecto paisajístico.

### **1.1.5.3 EL PROGRAMA DE RESTAURACIÓN DE LOS PASIVOS MINEROS**

El programa de medidas de restauración de los pasivos mineros debe contemplar como objetivo principal la minimización o eliminación de los impactos paisajísticos generados por la infraestructura minera no activa en todo el tiempo que duró el proyecto.

Este programa de restauración debe contemplar y definir los siguientes aspectos:

- Los objetivos y metas del programa de restauración
- Los tiempos de aplicación e inversiones del plan de restauración
- La localización del área a restaurar
- La identificación de los elementos y factores de impacto generados
- Dar soluciones técnicas y de financiamiento a estos impactos mineros
- Aportar estrategias de implementación
- El monitoreo del programa de restauración

Como primera actuación del programa de restauración que se aplicará en los pasivos mineros identificados, es fijar los objetivos y metas que se quieren conseguir con el trabajo de restauración. El objetivo final de todo plan es aminorar o eliminar los impactos generados por la minería, de aquí se pueden prefijar hitos parciales de actuación para conseguir el objetivo propuesto, bien pueden ser estas medidas temporales o permanentes.

Las metas a conseguir en este plan de restauración serán razonables y alcanzables en el tiempo a corto, medio y largo plazo, y de un costo razonable. Además se debe trabajar con un cronograma de acciones y desembolsos realistas, los logros a alcanzar deben ser ampliamente comunicados a la autoridad ambiental.

El área a restaurar debe ser un área manejable para realizar el plan de restauración en un plazo de tiempo razonable, con el costo apropiado a la inversión realizada en las actuaciones mineras, y según metas fijadas. Las áreas extensas de recuperación pueden ser divididas en

áreas más pequeñas con programas parciales de restauración para asegurar unas soluciones adecuadas para el pasivo minero a tratar.

Los factores a tener en cuenta principalmente son el grado de alteración o contaminación del factor ambiental tratado, los recursos que se cuentan para desarrollar el plan y la factibilidad de restaurar los usos de la tierra y el agua en el pasivo minero. En el tratamiento de pasivos mineros complejos es conveniente realizar con anterioridad un estudio detallado de los factores alterados proponiendo alternativas viables de recuperación y restauración con el fin de eliminar la mayor parte de las alteraciones producidas.

Por ejemplo, los impactos de actividades mineras con pasivos por contaminación química en el agua o el suelo, deben ser identificados, descritos, evaluados y priorizados como sea posible para proceder al estudio detallado, y dictaminar su grado de influencia en la salud de la población y aplicar un plan de remediación<sup>20</sup>. Los pasivos mineros por drenaje ácido de mina, el objetivo es restaurar la calidad y cantidad de agua a la condición del pre-minado y los peligros de la mina a la salud y seguridad humana que son los factores importantes debido a la magnitud del peligro para la gente y la proximidad a poblados del pasivo minero.

Las soluciones propuestas deben considerarse alternativas técnicas viables para resolver los problemas generados, incluyendo sus costos de realización y su efectividad. Las tecnologías a utilizar pueden ser convencionales o innovadoras pero deben ser lo más apropiadas, deben analizarse los pros y contras de su utilización, y la solución final seleccionada debe ser aquella que consiga las metas propuestas del plan al menor costo y la mayor eficacia.

Es necesario establecer un plan de financiamiento y cronograma de desembolsos y costos de operación y de mantenimiento para la alternativa seleccionada en el caso que sea de gran magnitud, para demostrar que los resultados son alcanzables en el tiempo establecido, y se deben indicar las fuentes que intervienen e identificar a los que financien el proyecto en el caso que sean fuentes externas.

Es esencial diseñar una estrategia para implementar el plan de restauración, para lo cual es imprescindible definir quién, qué y cuándo realizará, además debe considerarse y detallarse todos los elementos para asegurar la ejecución del proyecto. Además, esta información puede ser útil para realizar una posterior valoración económica del programa de medidas restauradoras del proyecto, control de tiempos del programa o un documento gráfico de síntesis de las medidas, entre otros estudios.

La valoración e interpretación de los resultados del proceso de evaluación en los factores medioambientales servirá para diseñar un plan de medidas integradoras del proyecto minero en el sistema paisajístico. Este programa de medidas puede contemplar acciones correctoras, de prevención o de compensación a los componentes del paisaje alterado por las acciones productivas del proyecto minero.

Los impactos definidos como irreversibles corresponden a las alteraciones de muy difícil corrección y compensación ambiental, e imposibilitan la introducción en el proyecto de ningún tipo de medidas restauradoras. Estas alteraciones corresponden a los impactos residuales que

---

<sup>20</sup> La remediación es una acción restauradora más agresiva que contempla soluciones físico-químicas

en la definición de sostenibilidad corresponde a un rango aproximado de persistencia del  $\pm 2\%$  del impacto global del proyecto.

Las principales medidas restauradoras a aplicar en el proyecto minero son:

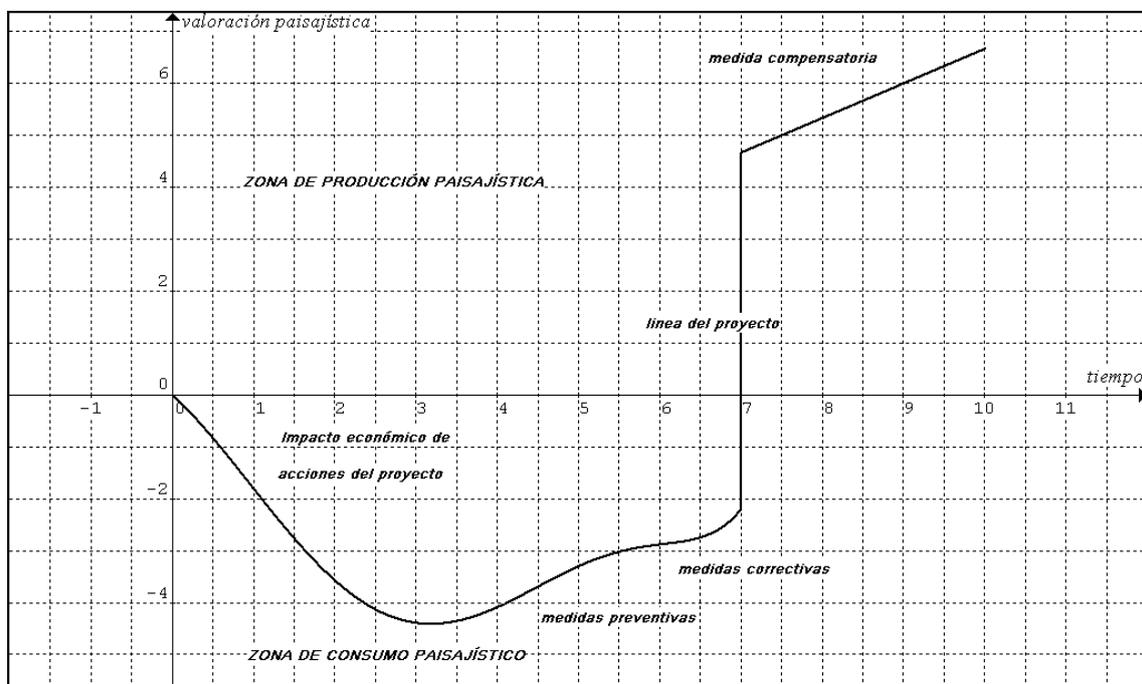
- Acciones directas sobre el paisaje
- Revegetación de zonas desforestadas
- Control y regeneración de taludes
- Acondicionar insonoro de maquinaria y vehículos mineros
- Reparación y acondicionamiento de suelos y huecos mineros
- Reducción de pendientes y canales de escorrentía
- Control de vertidos y sustancias peligrosas al medio natural
- Control de ruidos e instalación de paneles aislantes
- Prevención de planes de emergencia por acciones peligrosas
- Mantenimiento de canales biológicos mínimos
- Protección de la flora y fauna
- Control de parámetros físico químicos de agua y suelos
- Depurar y sedimentar aguas
- Acondicionar pendientes y taludes
- Acondicionar filtros y drenajes
- Control de residuos y escombreras
- Acondicionar centros de reciclaje
- Compensaciones socioeconómicas
- Adecuación y utilización de paneles de energía solar
- Uso de mano de obra y servicios locales
- Establecer programas de educación al consumidor
- Utilización de equipo de seguimiento, vigilancia y control ambiental
- Instalación de plantas de reciclaje

El plan proyectado debe identificar las medidas de monitoreo para determinar el grado de éxito de la rehabilitación. Es importante responder afirmativamente a algunas preguntas para definir el grado conseguido, ¿se alcanzó las metas fijadas en el proyecto de restauración?, ¿los aportes de fondos de financiamiento se realizaron según lo programado?, ¿los tiempos de ejecución de las medidas fueron los adecuados?, entre otras.

El control de estos trabajos de restauración y monitoreo debe ser informados a la dirección de la empresa minera durante la ejecución del plan de restauración para alertar de cualquier incidencia que se produzca al plan inicial que modificaría los resultados. Al término de la ejecución de trabajo de restauración se recomienda un monitoreo periódico de al menos dos años de duración.

En la siguiente ilustración, se representa la aplicación de un modelo matemático en las medidas restauradoras de un proyecto minero conteniendo pasivos ambientales. La valoración del pasivo minero está definida por las acciones con los impactos económicos que se realizaron en su ejecución, y las medidas restauradoras, por las medidas preventivas, correctivas y compensatorias que se aplican al proyecto minero.

Las acciones de construcción de la infraestructura, que posteriormente se convertirán en los pasivos mineros a evaluar, son detalladas en el gráfico bajo el epígrafe del impacto económico de las acciones del proyecto que actúan sobre el medioambiente, produciendo el efecto de consumo paisajista y la alteración del factor:



1.28 La integración del proyecto

Analizando el gráfico, las medidas preventivas a aplicar disminuyen la velocidad de impacto paisajístico en el proyecto, y las medidas correctoras corrigen la dirección en la que se produce la alteración. Las medidas compensatorias subsanan los impactos que no se pueden corregir con las medidas iniciales de recuperación, y definirán los impactos residuales del proyecto.

Estas medidas restauradoras a aplicar en el proyecto, son temporales, reduciendo el impacto paisajístico producido hasta una magnitud cercana a cero o, en su caso positiva, lo que definirá la integración paisajística del proyecto al entorno y su sostenibilidad ambiental.

Como se dijo anteriormente, la función de diseñar un plan de restauración ambiental es para minimizar y eliminar los pasivos producidos en el proyecto por la actividad minera. Para esto se puede elaborar una matriz de actuación definiendo las acciones<sup>21</sup> a realizar como las medidas restauradoras del proyecto.

Estas acciones están sujetas a cambios según se vayan implementando las medidas y deben estar directamente relacionadas en un tiempo cronológico con las actividades productivas del proyecto minero en caso de ejecutarse en actividad, o bien pueden realizarse como un plan de cierre de mina de los pasivos mineros existentes, y pueden ser acciones de carácter

<sup>21</sup> Las acciones pueden comprender el equipamiento, mano de obra, materiales u otras actuaciones

permanente o temporal según sea el tiempo de duración a aplicar y de los objetivos a conseguir.

Las acciones a aplicar se definen como:

- Medidas preventivas, si la acción restauradora se ejecuta antes de generarse el impacto ambiental
- Medidas correctivas, si la acción restauradora se realiza después de producirse el impacto ambiental
- Medidas compensatorias, son acciones adicionales que se aplican como consecuencia de no conseguir el efecto de minimizar o eliminar los impactos ambientales generados con la aplicación de medidas preventivas y correctivas

Un esquema básico de la matriz conteniendo las medidas de restauración a aplicar puede ser el siguiente:

ACCIÓN <sup>22</sup> IMPACTANTE	FACTOR AFECTADO	MEDIDA RESTAURADORA	TIEMPO DE APLICACIÓN	COSTO DE LA MEDIDA	OBJETIVO AMBIENTAL
Acción 1	Suelo	p4 + p5	T3-t5		eliminación
Acción 2	Suelo	c6 + c7	T5-t7		eliminación
Acción 3	suelo	complementaria	T7-t10		eliminación
Acción ...					
Acción ...					

### 1.29 La matriz de medidas restauradoras

La información contenida en esta matriz sirve para elaborar un diagrama de trabajo que será la guía en la aplicación de las acciones de restauración de los pasivos mineros del proyecto con medidas preventivas, correctivas y compensatorias, en su caso, para cumplir con el objetivo de conseguir la sostenibilidad del proyecto.

El proyecto minero desarrolla una actividad constituida por tres acciones con el consumo paisajístico del factor ambiental del suelo, que son acciones generadoras de los pasivos mineros en el proyecto, y están definidas como acciones  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  en tiempos lineales de aplicación  $t_1$ ,  $t_2$  y  $t_3$ .

La acción total del proyecto producida por los pasivos mineros existentes en el proyecto es:

$$\text{Acción total de consumo paisajístico} = a_1 * t_1 + a_2 * t_2 + a_3 * t_3$$

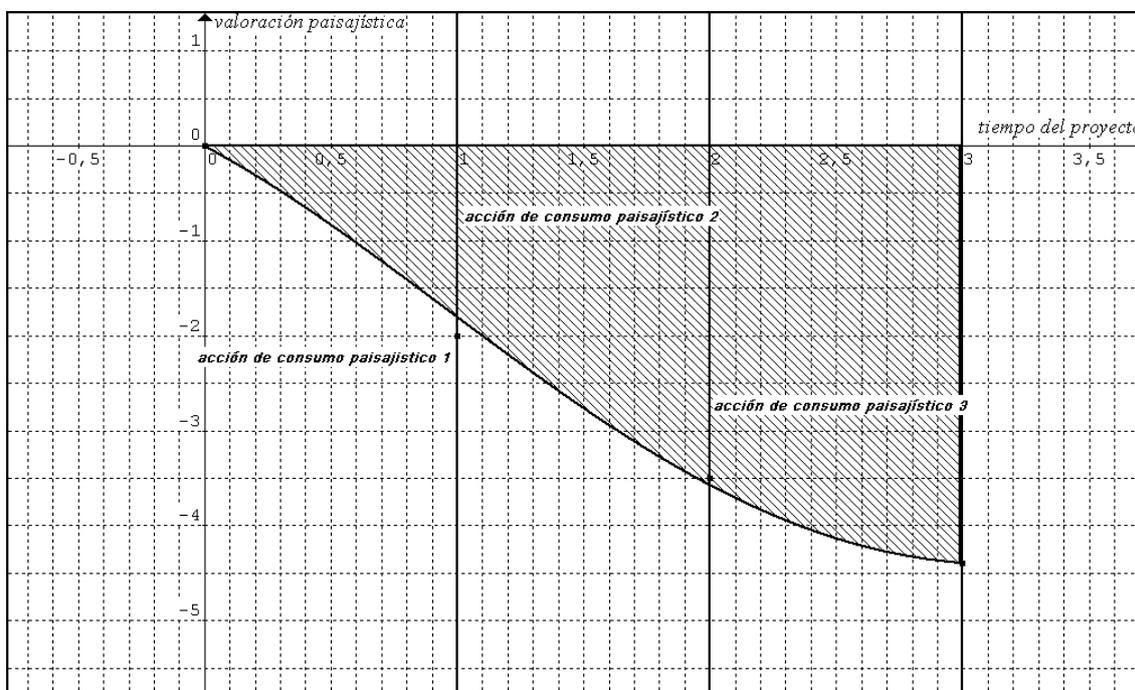
$$\text{Acción total de consumo paisajístico} = \sum_1^3 (a_n * t_n)$$

En forma de integración:

<sup>22</sup> Pasivos ambientales del proyecto minero

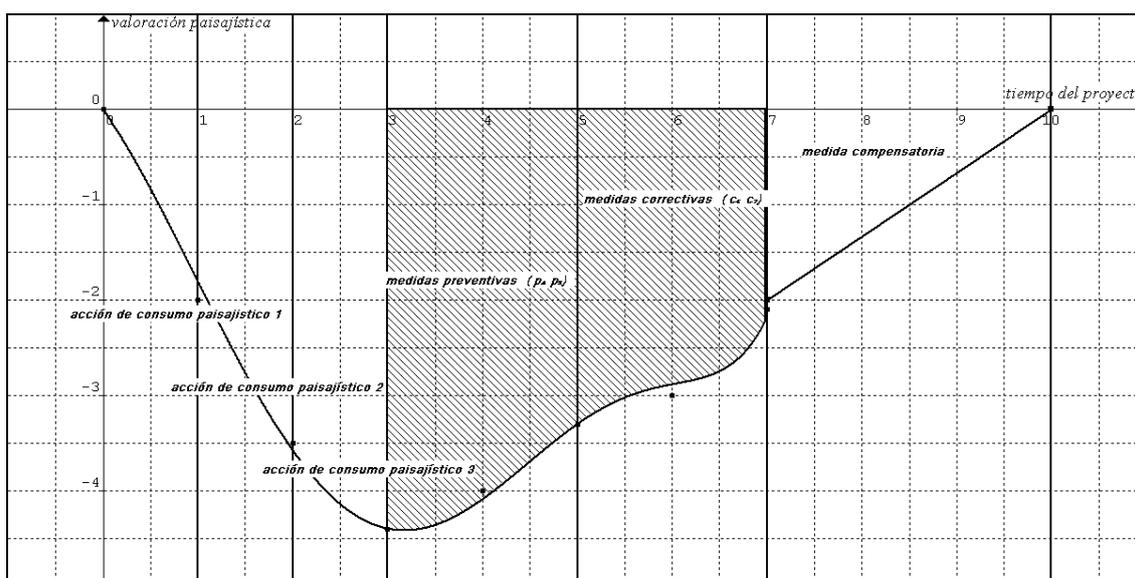
Acción total de consumo paisajístico =  $\int_0^3 f(x)$ , siendo  $f(x)$  la línea de proyecto

En el diagrama:



1.30 Las acciones de consumo paisajístico del proyecto

Siguiendo la descripción del proyecto y el análisis de valoración paisajista, con el desarrollo de la acción número 3 se ejecutan paralelamente las acciones preventivas  $p_4$  y  $p_5$  en tiempos  $t_4$  y  $t_5$ , y a continuación se paraliza la actividad del proyecto minero y se programa las acciones correctivas  $c_6$  y  $c_7$  en los tiempos  $t_6$  y  $t_7$ , como se observa:



1.31 Las medidas restauradoras del proyecto

En el gráfico, se interpreta que el plan de restauración minera lo constituyen las acciones preventivas  $p_4$  y  $p_5$ , las acciones correctivas  $c_6$  y  $c_7$ , y la medida compensatoria complementaria que se aplicará para lograr la sostenibilidad ambiental del proyecto minero.

De la misma forma:

Acción restauradora total = acciones preventivas + acciones correctivas + acciones compensatorias

Acción restauradora total =  $p_4 * t_4 + p_5 * t_5 + c_6 * t_6 + p_7 * t_7$  + medidas compensatorias

Acción restauradora total =  $\int_4^{10} f(x)$ , siendo  $f(x)$  la línea de proyecto

De esta forma en la evaluación paisajista del proyecto:

Acciones que se desarrollan en el proyecto minero = acciones productivas + acciones restauradoras

Para que se cumpla la premisa de sostenibilidad del proyecto minero la sumatoria de los impactos ambientales generados en todo el tiempo del proyecto debe ser matemáticamente cero, o una cantidad positiva. También se debe tener en cuenta que todo escenario se construye o se destruye, paisajísticamente hablando, evaluando el medioambiente con las operaciones matemáticas básicas.

De esta manera para que el proyecto minero cumpla la premisa de sostenibilidad:

**Acción productiva total  $\leq$  Acción restauradora total**

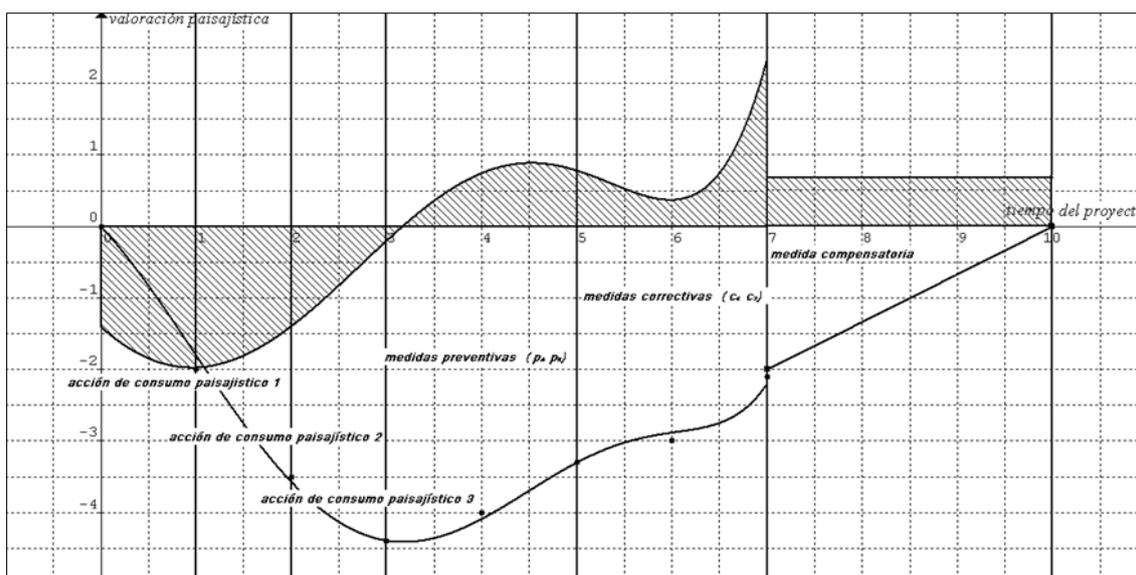
Ó:

$\int_0^3 f(x) \leq \int_4^{10} f(x)$ , siendo  $f(x)$  la función o línea de proyecto

$$\int_0^3 f(x) - \int_4^{10} f(x) \leq 0$$

En la siguiente ilustración, la zona sombreada representa los impactos paisajísticos generados en el proyecto minero analizado. Se aplica medidas compensatorias en tiempos  $t_7$  a  $t_{10}$  con el objetivo de minimizar los impactos paisajísticos residuales al no haberse eliminado estos impactos con las medidas correctoras ejecutadas.

Como puede observarse, estos impactos residuales se van eliminando progresivamente hasta reducirse a cero con el descenso gradual de las medidas compensatorias a aplicar. Con un programa de vigilancia y mantenimiento del proyecto minero se conseguirá el objetivo que se persigue en el proyecto, su sostenibilidad ambiental como lo demuestra la ilustración:



### 1.32 Los pasivos mineros del proyecto y la sostenibilidad ambiental

Como ejemplo, el caso práctico de esta valoración paisajística son los pasivos mineros existentes por una actividad de minería informal anterior, con la extracción de material aurífero, el lavado y el transporte del producto. Las acciones de consumo paisajístico realizadas tienen gran impacto ambiental, sobretodo en el factor del suelo con la extracción de material y la construcción de infraestructuras precarias para la explotación del yacimiento.

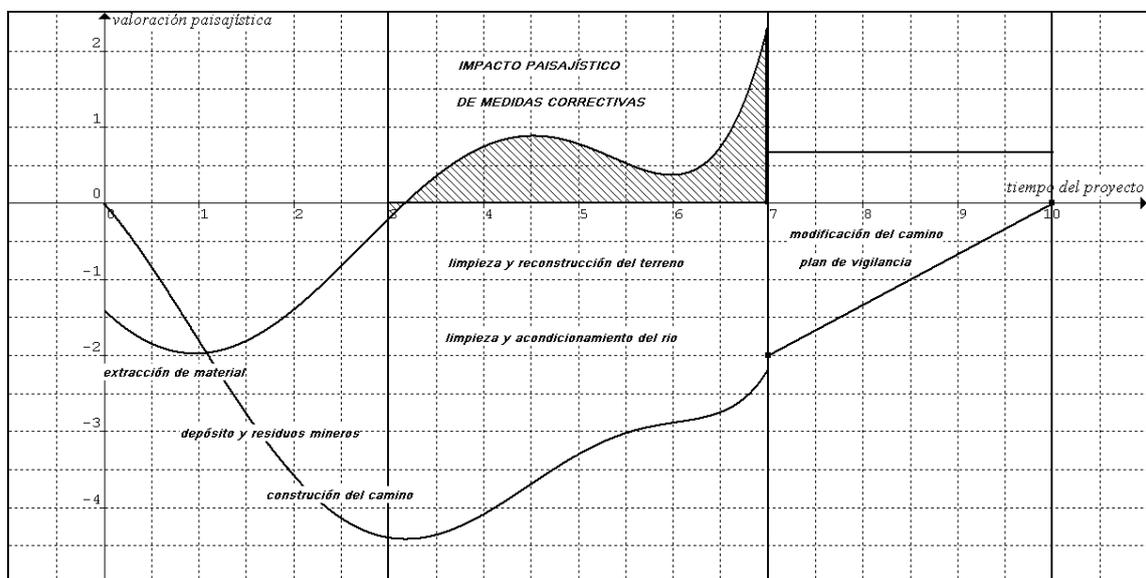
La matriz con las medidas de restauración de la explotación minera, será:

ACCIÓN IMPACTANTE	FACTOR AFECTADO	MEDIDA RESTAURADORA	LA MEDIDA Y TIEMPO	COSTO DE LA MEDIDA (\$)	OBJETIVO AMBIENTAL
Extracción de material	Suelo	Limpieza y reconstrucción	Correctiva 2 meses	8.000	eliminación
Depósito y residuos	Rio	Limpieza y acondicionamiento	Correctiva 2 meses	5.730	eliminación
Construcción de caminos	suelo	modificación del camino rural	Complementari a 3 meses	3.000	Sustitución
Vigilancia Y control	Suelo y rio	Vigilancia y control por la población	complementaria indefinido	0	Eliminación de la actividad

### 1.33 Los pasivos mineros del proyecto de extracción de oro

Las acciones restauradoras del proyecto, medidas correctivas, eliminan los impactos paisajísticos existentes, producto de la anterior actividad artesanal de extracción de oro, como

el depósito de residuos de material mineral en el suelo y el río. Además propone como medidas complementarias, la modificación y acondicionamiento del camino que se utilizaba para transporte del material como nueva vía rural, y la implementación de un programa de vigilancia ambiental por personal del lugar:



1.34 El impacto paisajístico de las medidas correctivas al proyecto minero

El diagrama representa el impacto económico de las acciones de consumo en el paisaje, el impacto paisajístico por acciones correctoras, zona sombreada, y el impacto residual existente si no se aplicarán las medidas complementarias de restauración, que dan una rentabilidad ambiental sostenida al proyecto minero.

### 1.1.6 LA ESTADÍSTICA EN LA VALORACIÓN PAISAJÍSTICA

La estadística es un instrumento imprescindible para el proceso de valoración paisajística de los proyectos. Su uso sirve para interpretar los resultados del trabajo realizado en el análisis de la evaluación ambiental en general, y especialmente en los impactos paisajísticos que se presentan en el proyecto minero.

El método estadístico de evaluación paisajística puede ser útil para determinar la capacidad de acogida del proyecto minero en el territorio. Como define Barreda<sup>23</sup> la capacidad de acogida es el grado de idoneidad para recepcionar la actividad, y es la sumatoria de los factores positivos menos la sumatoria de los factores negativos, tomando en ambos casos valores técnicos del proyecto minero y de aptitud del medioambiente para determinar el impacto potencial generado.

<sup>23</sup> Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación de territorio, 1996

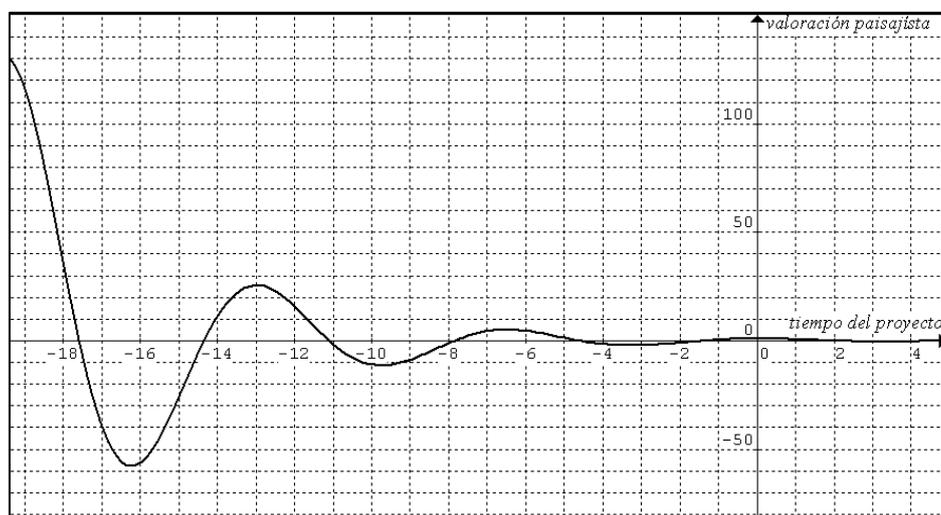
Cabe aclarar que el modelo de valoración ambiental investigado se basa en el modelo impacto-aptitud definido por Gomez Orea (Gómez Orea, 1992) y que determina un valor de impacto y otro de aptitud en cada lugar del territorio para valorar el grado de receptividad.

En algunas aplicaciones estadísticas, estos valores de impacto generados por el programa informático se pueden interpretar los resultados de la valoración ambiental como la delimitación por áreas o zonas de impacto según se va desarrollando el proyecto y su repercusión en el entorno.

El programa informático utilizado para la representación gráfica del proyecto minero proporciona extensa información en la valoración ambiental como:

- El grado de la calidad paisajística, antes y después de las acciones del proyecto
- La comparación del inventario paisajístico y su variación de valoración en el tiempo del proyecto
- Los datos de las acciones productivas, las medidas de restauración y los tiempos de aplicación en el proyecto
- La valoración del impacto paisajístico
- El grado de rentabilidad paisajística del proyecto

Según el método de trabajo, en la zona izquierda del diagrama, la función de transformación del paisaje evalúa el sistema con el inventario paisajístico inicial<sup>24</sup>, desde un paisaje natural, y varía según los datos de valoración obtenidos por las acciones de producción o consumo paisajístico del proyecto.



1.35 El programa informático de valoración paisajística

En el inventario paisajístico del proyecto minero, la variación del valor inicial es nula antes del inicio de la actividad minera porque no existen acciones que realizan sobre el medioambiente.

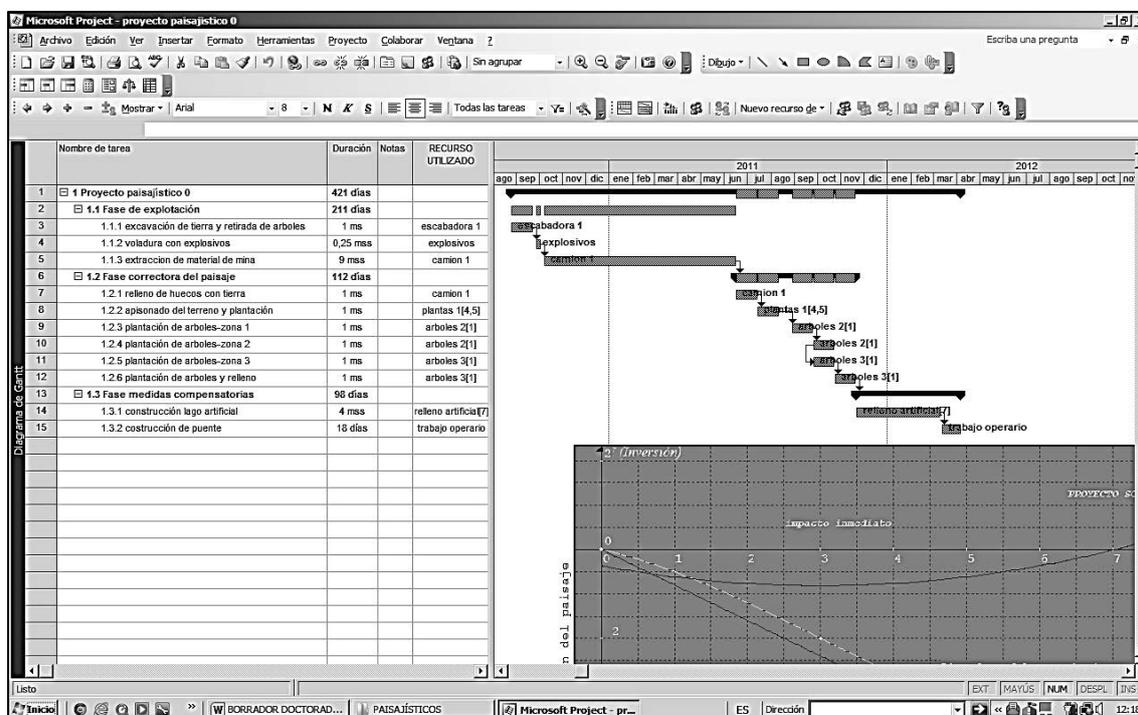
<sup>24</sup> El termino paisajístico engloba a todos los factores del medio físico

Pero, por ejemplo, con el desbroce, despeje y adecuación del terreno para las acciones mineras se aprecia la diferencia de la pendiente de la función *línea de proyecto* por la acción de consumo paisajístico.

Otro programa informático útil en la valoración paisajística es el Programa Microsoft Project, que proporciona información estadística detallada de varios aspectos técnicos y ambientales del proyecto, como:

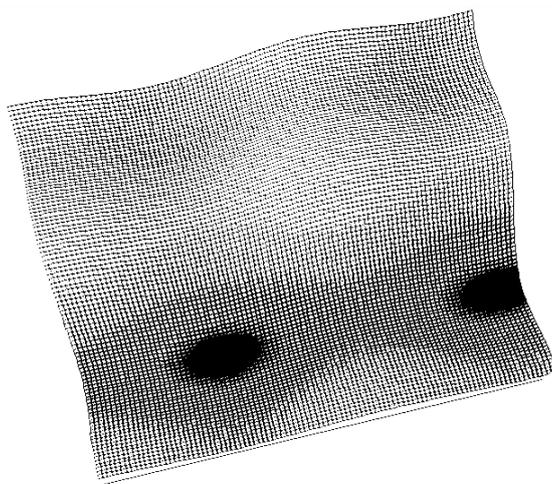
- Datos del proyecto y subproyectos
- Acciones y tiempos de ejecución en el proyecto
- Zonas de actuación y los sectores modificados
- Duración, comienzo y fin de la acción de productiva
- Los recursos afectados
- Signo e importancia de los impactos
- Costo total de la acción de recuperación paisajística
- Extension, permanencia y recuperación de impactos
- Las divisiones y unidades de impacto
- El grado del impacto paisajístico parcial y total

Ademas, se puede obtener información detallada de las tareas a realizar en el proceso de valoración paisajística y el grado de desarrollo del impacto paisajístico; como la representación en imágenes, notas de trabajo sobre los recursos utilizados y calculos estadísticos, como se observa en la siguiente simulación del proyecto de extracción minera artesanal:



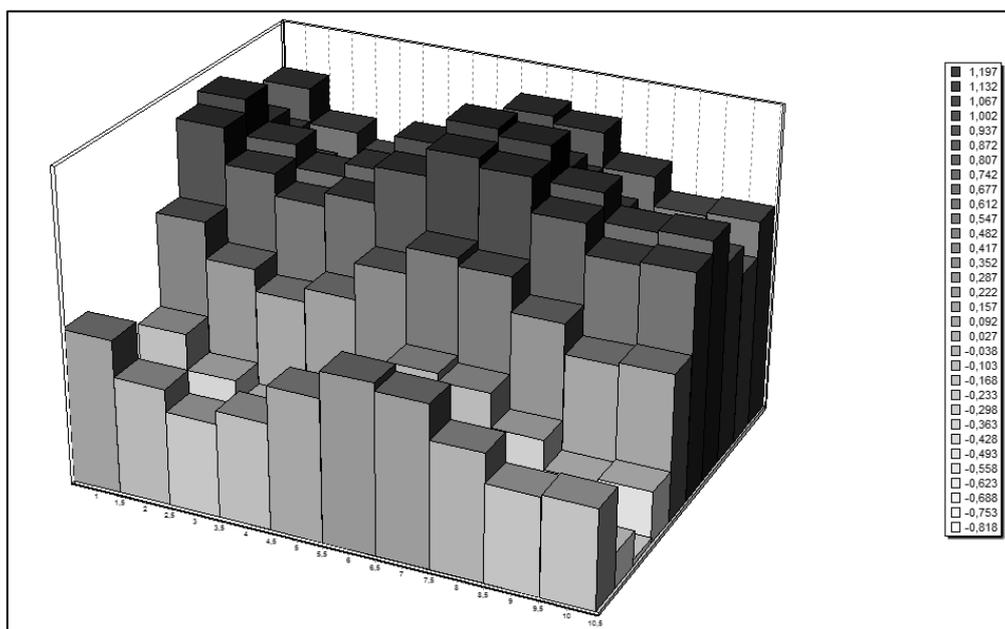
### 1.36 El programa de simulación en Microsoft Project

Otros programas informáticos son útiles para la interpretación de los resultados obtenidos, como el programa estadístico TeeChart Office.



1.37 El programa estadístico por capas

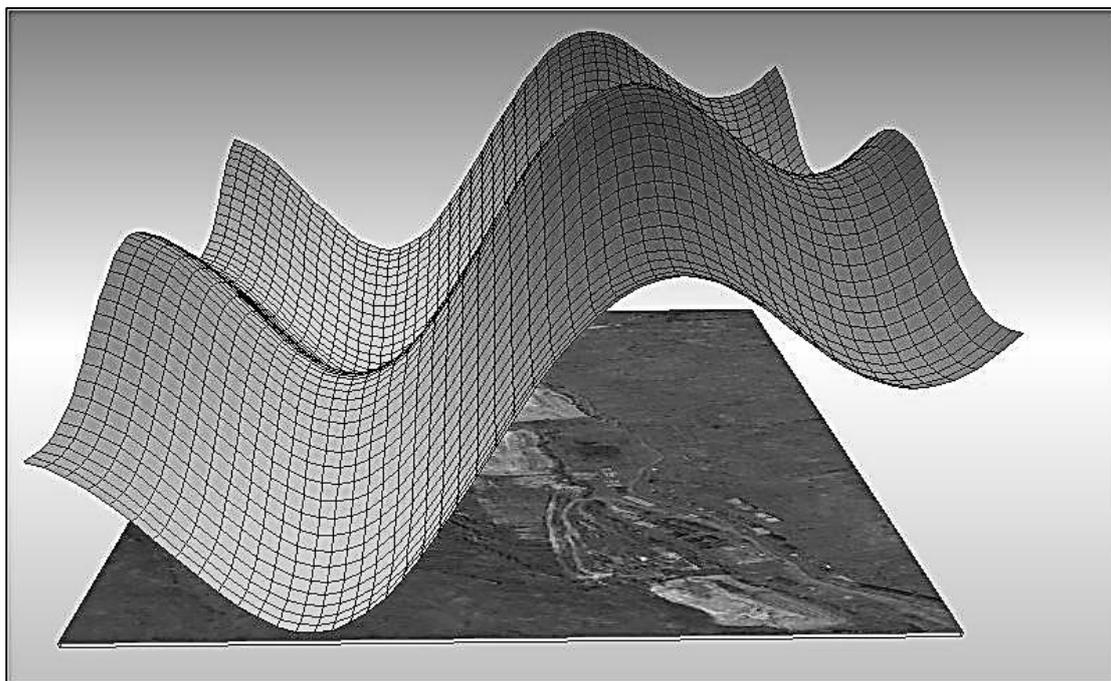
En la anterior ilustración, se integran los datos de los valores de impacto obtenidos, en capas, y se modelan sobre un plano del proyecto ajustándolo a los límites de la zona minera; en este caso, el impacto de la valoración paisajística es positivo en toda la zona:



1.38 La valoración estadística del impacto paisajístico (barras de superficie)

En una visión óptima, la zona de estudio está dividida en segmentos o áreas cuadradas en el rango de 1 a 10 km<sup>2</sup> dependiendo del grado de detalle y el número de registros utilizados.

La presentación gráfica de los resultados de la valoración paisajística de los impactos del proyecto sobre el terreno<sup>25</sup>, puede ser la siguiente:



1.39 El resultado gráfico final de la estadística paisajista

En otra perspectiva gráfica, el resultado final puede ser una representación global del área del proyecto minero mediante capas estadísticas conteniendo diferentes aspectos de la evaluación. Esta información puede ser útil para el proceso de ordenamiento y planificación de las actividades e instalaciones mineras en el entorno del proyecto.

## **1.2 LOS ANTECEDENTES AMBIENTALES**

En este último siglo, el desarrollo tecnológico ha experimentado un auge espectacular en el mundo lo que ha originado un incremento del bienestar humano y a la vez una pérdida sensible de biodiversidad y de recursos naturales en muchos lugares del planeta observándose una gran transformación de los paisajes originales, una generación desproporcionada de residuos industriales y en general una pérdida de identidad ambiental.

Viendo este panorama, en los años 70s empezó a despertarse a nivel mundial una conciencia para un desarrollo respetuoso con el medio ambiente sin modificar los avances tecnológicos que se venían gestando. La primera referencia ambiental fue en el Parlamento Europeo en

---

<sup>25</sup> Proyecto minero Millotingo, San Mateo-Perú. Valoración del impacto paisajístico con 2.600 registros.

1968 donde empezó a incluirse los temas medioambientales en los ámbitos de estudio de la legislación europea.

En 1972 en Estocolmo, las Naciones Unidas organizan la Conferencia Internacional de Medioambiente para discutir las consecuencias de la industrialización en el entorno ambiental mundial, se muestra la creciente preocupación por la problemática del medioambiente en el mundo elaborándose un informe final del Club de Roma sobre el desarrollo y *los límites del crecimiento*<sup>26</sup>.

Esta conferencia fue el punto de partida pero ya en 1969 se crea en estados Unidos el NEPA, organismo encargado de organizar la política nacional productiva y respetuosa con el medioambiente, la biosfera, estimulando aspectos de salud y la prevención de daños ambientales en las industrias y programas de producción a gran escala.

En el continente europeo se empezaba a gestar una conciencia ambiental. En el año 1970 la Comisión Europea elabora un informe de política industrial y ambiental que al año siguiente se presenta la Comunicación sobre la política Comunitaria en Materia de Medioambiente.

En 1972 en París se organiza la Cumbre de Jefes de estado de la Comunidad Europea para hablar de la política ambiental comunitaria, y al año siguiente el Consejo de Representantes de Estado de la Comunidad Europea proponen un programa de acción comunitaria en materia de medioambiente, y se crea el primer organismo ambiental en la CEE con la Dirección General III de Asuntos Industriales, Tecnológicos y Científicos.

El Primer Programa de Acción Comunitaria en materia de medioambiente fue aprobado el 17 de mayo de 1977 para el periodo de 1973 a 1977 (DOCE C 12/1 del 20 de diciembre de 1973) con el objetivo principal de solucionar problemas de contaminación y corrección ambiental una vez aparecidos en el sistema y establece los principios generales de “quien contamina paga”.

Se presentan tres líneas marco en la política ambiental comunitaria:

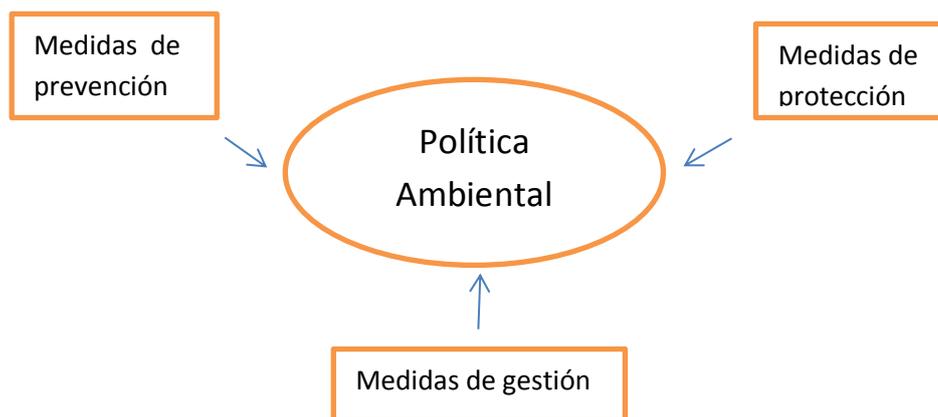
- prevenir la contaminación
- mejorar el entorno natural
- desarrollar acciones internacionales

El Segundo Programa de Acción Comunitaria en materia de medioambiente fue aprobado el 17 de mayo de 1977 y abarcaba el periodo de 1977 a 1983 (DOCE C139/46 de 13 de junio de 1977), es la continuación del marco ambiental del programa anterior, el objetivo principal de este programa era la prevención, protección y gestión de espacios ambientales y recursos naturales. En este documento normativo se menciona, pero de forma poco clara, las actuaciones de los *Estudios de Impacto Ambiental* para evitar daños a los ecosistemas y evitar desequilibrios ecológicos.

El documento se puede resumir:

---

<sup>26</sup> En la actualidad, todos los países engloban una misma política medioambiental



#### 1.40 La Política Ambiental

Línea de actuación del Segundo Programa de Acción Comunitaria en Medioambiente:

- Continuación del programa anterior
- Protección y gestión racional del espacio natural
- Protección de la fauna y flora.

En la continuación de la política ambiental comunitaria, en 1983 se aprueba el Tercer programa de Acción Comunitaria en materia de medioambiente, 7 de febrero de 1983 para el periodo 1983 a 1987, publicado el 17 de febrero de 1983 en DOCE C 46/1. El objetivo principal del programa fue la prevención, políticas y estrategias globales para conseguir un desarrollo duradero del medioambiente, los recursos naturales y los aspectos socio económico de la población. En este programa se contempla, de forma implícita, las evaluaciones de impacto ambiental<sup>27</sup> como una forma de prevenir los efectos del desarrollo en el medioambiente.

Las líneas de actuación del Tercer programa de Acción Comunitaria en Medioambiente son:

- La integración del medio ambiente en el resto de las políticas comunitarias
- La evaluación de los efectos ambientales de determinadas actividades productivas

Dentro de este Tercer Programa de Acción Comunitaria se elabora la Directiva 85/377 CEE del Consejo de fecha 27 de junio de 1985 sobre la evaluación de determinados proyectos públicos y privados, y su repercusión medioambiental (DOCE L 175 del 5 de julio de 1985). La finalidad principal era la de evaluar aquellos proyectos que pudiesen alterar y repercutir de forma importante en el medioambiente.

En esta directiva se indica que la evaluación de las repercusiones generadas en el medioambiente identificará, describirán y evaluarán de forma directa e indirecta los efectos que puedan producir un proyecto determinado, y se desarrollarán anexos para que queden identificados los proyectos sometidos a Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

---

<sup>27</sup> Se define la palabra *impacto* como el grado de bienestar o satisfacción que produce una acción (Riera,2005)

Es en esta directiva comunitaria que de forma amplia se habla de la evaluación de impactos ambientales en determinados proyectos a fin de prevenir posibles repercusiones en el medioambiente.

En 1984 se reunió por primera vez la Comisión Mundial sobre Medioambiente y Desarrollo de Naciones Unidas (World Commission on Environment and Development), elaborando un informe final “Nuestro futuro común” que proponía un desarrollo equilibrado y la construcción de un futuro más seguro y sostenible para todos. Este informe fue publicado el año 1987.

El artículo 25 del Acta Única Europea (DOCE L 169 de 29 de junio de 1987) en la Sección II, Subsección VI Medioambiente indica que se añadirá un título adicional 130 R con la mención de garantizar la utilización prudente y racional de los recursos naturales, la acción preventiva de la fuente, el desarrollo equilibrado y los acuerdos entre las partes interesadas.

El Cuarto Programa de Acción Comunitaria en materia de Medioambiente fue aprobado el 19 de octubre de 1987 (DOCE C 381 del 7 de diciembre de 1987) para el periodo 1987-1992, en este programa se especificaba que la política preventiva es fundamental en la protección del medioambiente para garantizar la calidad de vida y la protección de los recursos naturales.

Las líneas de actuación de este Cuarto Programa de Acción Comunitaria fueron las siguientes:

- Políticas de protección del medioambiente
- Evaluación de los riesgos producidos por actividades humanas
- Lucha contra los daños provocados por las actividades industriales
- Aplicación de la Directiva 85/337/CEE sobre los términos de referencia e información medioambiental necesaria en el desarrollo de determinados proyectos y actividades.

En 1990 la Comisión Europea crea un Libro Verde del Medioambiente Urbano para analizar la problemática ambiental en el entorno urbano y las fuentes que la generan.

Al año siguiente en Finlandia se elaboró un documento para la Evaluación de Impactos Medioambientales de ámbito transfronterizo, firmando España el convenio de Espoo el 25 de febrero de 1991.

En el apéndice I y II del Convenio de *Espoo* se indica que actividades pueden tener un impacto transfronterizo perjudicial importante y deben de ser sometidas a un proceso de evaluación de impacto en el medioambiente con la participación del público, y estas evaluaciones se harán en la fase de proyecto. El procedimiento incluye la notificación a las partes implicadas, las consultas previas y todo aspecto de evaluación de la documentación y análisis posterior.

El tratado de Maastricht de la Unión Europea se firma el 7 de febrero de 1992, como preámbulo dice en su artículo segundo que la Comisión tendrá el deber de promover un desarrollo armonioso, equilibrado, sostenible y respetuoso con el medioambiente.

También en ese año se crea la Comisión para el Desarrollo Sostenible de la Organización Naciones Unidas y preparan el evento de la Cumbre de la Tierra, “Conferencia de Río” donde se aprueba con amplio acuerdo de los participantes un plan de acción global para promover el desarrollo sostenible llamado “Agenda 21”.

El Quinto Programa de Acción Comunitaria en materia de medioambiente (Decisión del Consejo 1999/170/CE) para el periodo 1992-2000 crea dos Comités, Medioambiente y desarrollo sostenible y, Energía.

Las líneas de actuación de este Quinto Programa de Acción Comunitaria fueron las siguientes:

- potenciar el grado de sensibilización e información de la población
- Reducir el impacto ambiental por producción y consumo de energía
- Reducir el impacto ambiental por el consumo de combustibles fósiles
- Evaluar las repercusiones ambientales del cambio climático
- Mejorar los modelos matemáticos de evaluación de impacto ambiental

En los siguientes años se suceden varias conferencias y cumbres medioambientales en el mundo para consolidar la idea de crecimiento económico y respeto al medioambiente como la Primera, Segunda y Tercera Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles realizadas en Dinamarca, Lisboa y Hannover respectivamente, y la Cumbre Extraordinaria de Nueva York en 1997 cuyo objetivo era revisar los acuerdos de la Cumbre de Río.

En el año 2002 se realiza la Segunda Cumbre de la Tierra en Sudáfrica con objetivo principal de la aprobación de un Plan de Acción y una declaración política y de intenciones que hagan posible el desarrollo sostenible.

El Sexto Programa de Acción Comunitaria en materia de medioambiente denominado “medio ambiente, nuestro futuro, nuestra elección” (Decisión PE y Consejo 1600/2002/CE) para el periodo 2002-2012 propone un programa marco general de acción nacional en materia de medioambiente para cada país miembro europeo.

Las líneas básicas de actuación del Sexto programa Comunitaria son:

- Aplicación de un sistema de gestión y auditorías ambientales
- Integración de problemas ambientales en las políticas comunitarias
- Hacer uso de fondos estructurales para la planificación y usos del suelo
- Establecer áreas prioritarias de trabajo: cambio climático, diversidad, salud pública y gestión sostenible de los recursos naturales y residuos.

Además hace referencia al fomento empresarial de resultados ecológicos y del respeto de las exigencias en materia de medio ambiente, la introducción de sistemas de recompensa para las empresas respetuosas con el medio ambiente, el establecimiento de una política integrada de los productos y la utilización de la etiqueta ecológica entre otros asuntos.

Es importante citar los acuerdos de este Programa Comunitario que directamente pueden ayudar a la investigación como medidas de acción complementaria a implementarse en los proyectos, principalmente en materia de residuos renovables y no renovables procedentes del consumo y del crecimiento económico. Serán reducidos en el año 2050 hasta alcanzar a la mitad de su volumen actual para lo cual se *elaboraran estrategias para la gestión sostenible* de los recursos mediante el establecimiento de prioridades y la reducción del consumo, la fiscalización de la utilización de los recursos, el diseño de una estrategia de reciclado de

residuos, la mejora de los sistemas existentes de gestión de residuos e inversión en la prevención cuantitativa y cualitativa entre otras medidas ambientales.

### **1.2.1 EL MARCO LEGISLATIVO EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

El marco legislativo en la Evaluación Ambiental vigente en España<sup>28</sup>, tiene innumerables competencias legislativas en materia de medioambiente, que están repartidas y determinadas por los siguientes organismos:

- Unión Europea
- Administración estatal
- Comunidades Autónomas
- Entidades locales

Las Directivas, decisiones y reglamentos que promulga la Unión Europea en materia de medioambiente deben estar integradas en el ordenamiento jurídico español, y la Administración general del estado es la responsable de cumplirlas, de promulgar la legislación sectorial y dirigir la implementación de esta normativa ambiental que es de obligado cumplimiento en todo el territorio español.

Por otro lado las Comunidades Autónomas promulgan la legislación propia que crea oportuna desarrollar y según el reparto de competencias autorizado en la Constitución española, y que en algunas regiones surgen discrepancias importantes en el reparto de competencias en materia de medioambiente, lo que da lugar a que determinadas actividades con una normativa ambiental tengan diferentes grados y formas de aplicación, y rangos de exigencias muy variados, que se traducen en costes ambientales y deterioro para la población según la Comunidad Autónoma donde se ubique el proyecto.

En un nivel más próximo al ciudadano, están los Entes Locales con un rango legislativo inferior, los cuales pueden promulgar determinadas ordenanzas municipales en materia de medioambiente como la conservación de espacios naturales o el reciclaje de basuras, con ámbito local de aplicación.

En la Evaluación de Impacto Ambiental de grandes proyectos, la ubicación de la actividad en determinada Comunidad Autónoma puede generar verdaderas discrepancias porque la legislación difiere en determinados aspectos ambientales en cada corporación; y puede provocar conflictos competenciales graves y difíciles de resolver, sobre todo en el caso de que la realización de los proyectos y el impacto generado comprenda el territorio de varias Comunidades Autónomas.

La división de la normativa existente en materia de medioambiente es la siguiente:

---

<sup>28</sup> Ley 21/2013, de 9 de diciembre sobre Evaluación Ambiental

<b>Administración</b>	<b>Normativa</b>
Unión Europea	<b>Directivas, Decisiones y Reglamentos</b>
Administración estatal	<b>Leyes, reglamentos y órdenes ministeriales</b>
Administración autonómica	<b>Leyes y decretos autonómicos</b>
Administración local	<b>Ordenanzas municipales</b>

#### 1.41 Legislación europea del medioambiente

La legislación Española en materia de Evaluación de Impacto Ambiental es la adaptación e incorporación al sistema jurídico de varias Directivas de la Unión Europea:

<b>Directivas de la Unión Europea</b>	<b>Legislación Española</b>
Directiva 85/377/CEE	RDL 1302/86 del 28 de junio, RD 1131/88 de 30 sept.
Directiva 97/11 CE	RDL 9/2000 del 6 de octubre, Ley 6/2001 del 8 de mayo
Directiva 2011/92/UE	Ley 21/2013, de 9 de diciembre, deroga anterior norma

#### 1.42 Legislación española del medioambiente

En el mes de enero de 2008 se promulga el real Decreto Legislativo 1/2008 que recopila toda la legislación anterior de Evaluación de Impacto Ambiental, derogando la legislación anterior y fusionando su contenido en un solo documento normativo. Posteriormente, en fecha 12/12/2013 entra en vigor la actual norma española de evaluación ambiental, Ley 21/2013 de 9 de diciembre, que unifica las leyes anteriores de Evaluación Ambiental Estratégica (EEA) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA); Boletín Oficial del Estado nº 296.

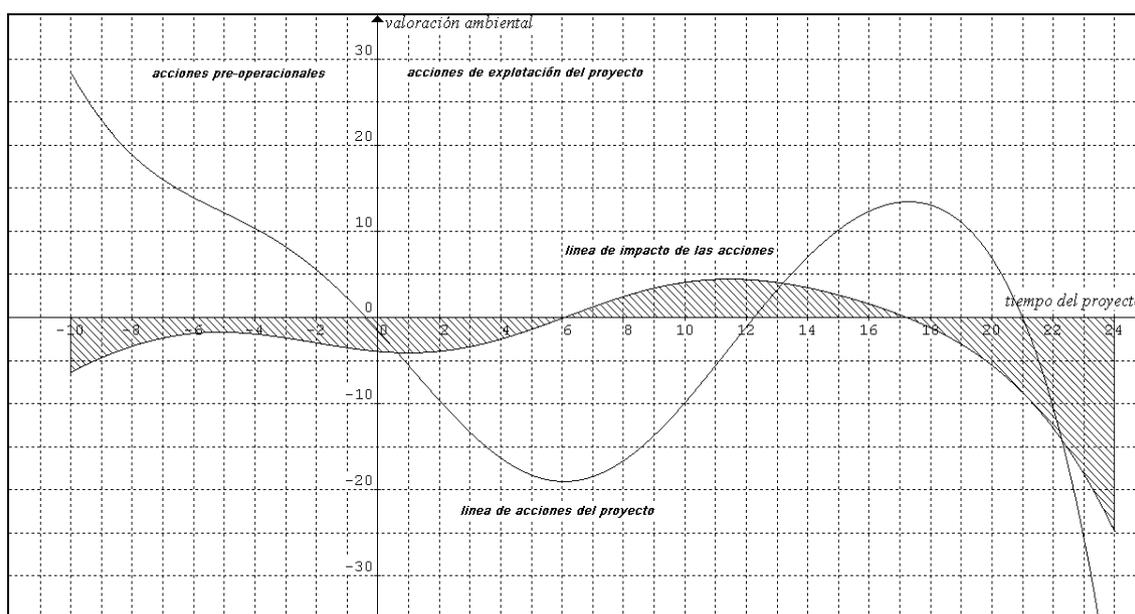
### **1.3 EL FACTOR DE RENTABILIDAD AMBIENTAL SOSTENIDA**

Un proyecto productivo es la realización de múltiples actividades, acciones y tareas, definidas como las actuaciones del proyecto, con el fin de conseguir un beneficio económico, que de acuerdo a la legislación debe ser rentable ambientalmente para obtener la calificación de proyecto sostenible.

La sostenibilidad es una definición que otorga un mérito ambiental al proyecto que se está ejecutando, y se define como la capacidad de un desarrollo respetuoso con el medioambiente. Esto no quiere decir, por ejemplo, que las acciones que se realizan van a generar impactos beneficiosos en todo momento en el medioambiente. Las actuaciones pueden ser muy variadas en el proyecto, quiere decir que las modificaciones o impactos generados pueden ser alternos en el tiempo, algunos con un carácter beneficioso, nulo o perjudicial, pero el resultado de la evaluación total de los efectos generados en todo el tiempo de desarrollo del proyecto debe ser positivo o beneficioso para el medioambiente. Esto es el resultado de la sumatoria de los impactos ambientales del proyecto.

El siguiente diagrama representa la trayectoria de un proyecto minero. Está compuesto por acciones pre-operacionales, acciones de explotación, el factor de valoración ambiental según el tiempo de explotación del proyecto. La línea de acciones está representada por las inversiones o gastos que se realizan en acciones que generan modificaciones e impactos positivos o negativos alternos en el tiempo.

En el análisis de los impactos generados, parte sombreada del diagrama, se aprecia la variación de los valores ambientales, positivos o negativos producidos según el tiempo de desarrollo del proyecto minero.



### 1.43 La sostenibilidad del proyecto

Los impactos ambientales son beneficiosos, nulos o perjudiciales según sea la valoración del parámetro obtenido, modificando o alterando de forma positiva o negativa el medioambiente. La evaluación final de estas alteraciones en todo el tiempo de desarrollo del proyecto mediante un indicador matemático otorgará la calificación de sostenibilidad del proyecto si la valoración ambiental está dentro de un rango razonablemente positivo o es mínimo. Si la valoración final de esta evaluación es negativa se habla de un proyecto insostenible o destructivo para el medioambiente.

Los proyectos generalmente están en fases de estudios, elaboración y análisis antes de ser desarrollados y ejecutados para obtener, principalmente, un beneficio económico a costa de sacrificar recursos del medioambiente, y que no son valorados adecuadamente de forma continuada para lograr una sostenibilidad ambiental.

Con estos términos, estoy definiendo el aspecto de la *rentabilidad económica* del proyecto como el grado de sostenibilidad, pero también es necesario definir un estado de rentabilidad

*ambiental* que se quiere obtener con un proyecto en un proceso de evaluación final, que es uno de los objetivos propuesto en este estudio de investigación.

De esta forma, con la incorporación de esta técnica al diseño de un proyecto puede definirse los objetivos iniciales para ser sostenido ambientalmente o sostenido paisajísticamente como es el caso de esta investigación, y programar la trayectoria del proyecto mediante acciones, impactos, medidas restauradoras y acciones complementarias para lograr los objetivos propuestos.

#### **1.4 EL PAISAJE, EL PROYECTO Y EL SISTEMA PAISAJÍSTICO**

Un paisaje se define como una extensión material que puede observarse en un espacio de tiempo y desde un lugar determinado. Esta es una definición sencilla que conlleva innumerables interpretaciones, artística, filosófica, arquitectónica o desde el punto de vista de ambiental definiendo los elementos que lo constituyen como el contenido, la visualización o el observador. Decir la visión de un paisaje es decir interpretación, punto de vista, conocimiento, interrelaciones y sobretodo descubrimiento.

Existen infinitas formas de paisajes, ninguno es copia de otro, su complejidad en contenidos y variables los hacen únicos e irrepetibles. Esto me trasmite una curiosidad por conocer algo más, por investigar desde una temática poco conocida como es la valoración paisajística de los proyectos de ingeniería o de los sistemas ambientales que puede deparar descubrimientos interesantes para aplicarlos al proceso de evaluación de impacto ambiental de los proyectos, un instrumento tan importante hoy en día.

Pero decir paisaje no es solo decir lo que observamos con nuestros ojos, es hablar del conjunto de factores ambientales y de su integración, de las interrelaciones entre ellos o de otras formas de estudio del paisaje; es investigar la biodiversidad existente en la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores y cambios climáticos, los bienes materiales y culturales, la salud humana, las conductas de consumo o la renta de la población. Por esto, la investigación tiene que reflejar un estudio completo de lo que denominaré un sistema ambiental o *el sistema paisajístico* en general y sus implicaciones en todo el proceso de valoración con un modelo numérico.

Todo estudio científico requiere cumplir unas pautas básicas, una metodología, una hipótesis de trabajo y un programa de objetivos a conseguir en la etapa de investigación. El proceso debe cumplir una secuencia lógica basada en unas actitudes iniciales y un desarrollo ordenado de investigación para la conclusión de resultados relevantes del estudio para beneficio de la comunidad científica.

Como toda extensión tangible, el paisaje<sup>29</sup> tiene un valor material, el proceso de valoración en la calidad del paisaje no se aparta de este rigor científico que precede a todo estudio, así el proceso lógico parte con una definición de objetivos en la valoración, del análisis del paisaje,

---

<sup>29</sup> La denominación de paisaje en general se refiere al sistema paisajístico

de la justificación de su calidad, de la definición de criterios y la escala de valores, todos estos parámetros completan una evaluación de un paisaje.

Inicialmente es necesario definir los objetivos o fines del estudio de valoración de la calidad del paisaje; por ejemplo un conocimiento más profundo del concepto *paisaje* y de su valoración, la justificación prioridades zonales de los niveles de protección, obtener recomendaciones para una actuación determinada o el aprovechamiento de los recursos paisajísticos. Después de establecidos los objetivos de la valoración, se procede al análisis previo del paisaje estudiando los contenidos, las pautas de visibilidad y todos los elementos visuales del paisaje como son el color, la textura, la forma, la escala y el espacio.

En la etapa de definición y justificación de la calidad del paisaje es conveniente exponer las razones, argumentos, hipótesis y criterios globales adoptados que son la base y nos llevan a desarrollar esta investigación:

- A. establecer la naturaleza ambiental o de contenido del paisaje como el porcentaje visual o mixto que se considere que tiene la calidad del paisaje.
- B. luego decidir cuál es el verdadero objetivo de la evaluación, si se consideran los posibles recursos paisajísticos aisladamente o como un todo unitario
- C. argumentos y dictamen de un experto sobre el manejo de la subjetividad del aprecio paisajístico. La subjetividad colectiva es recogida por opiniones, encuestas o entrevistas al observador potencial.
- D. Incorporar referentes de calidad paisajista como planes de protección por la belleza del paisaje o referencias de valor de los contenidos geológicos, ecológicos o socioculturales.

La percepción de la belleza del paisaje es un acto creativo de la interpretación por parte del observador (Polakowski, 1975). El territorio posee unas cualidades intrínsecas residentes en elementos naturales o artificiales que lo constituyen, percibidas por el observador a través de los mecanismos fisiológicos y psicológicos. Por ello la belleza se aprecia y se reconoce de una forma distinta, en mayor o menor grado, según el punto de vista de los observadores que aprecien el escenario.

#### **1.4.1 LA DEFINICIÓN DEL PAISAJE**

En la actualidad el estudio del paisaje tiene un limitado grado de investigación por la falta de literatura y documentación científica. En esta investigación me centraré en calibrar el efecto o la repercusión de las alteraciones por las actividades productivas en los factores ambientales, específicamente el factor del paisaje, y que constituyen los insumos del estudio, sugiriendo y evaluando estratégicamente medidas alternativas para conseguir una rentabilidad ambiental sostenida del proyecto.

En los procesos que interviene la presencia humana, el principal factor ambiental afectado es el paisaje, que por ser de difícil cuantificación en los estudios de evaluación ambiental no es tomado en cuenta directamente como una modificación o alteración derivándose las

afectaciones a otros elementos ambientales como son los recursos hídricos, la vegetación o el suelo existente en el entorno, que determinan los factores ambientales principales a valorar en un proyecto.

Con una frase se puede resumir el estudio del sistema paisajístico, “el paisaje es el aire, el clima, la vegetación, la fauna, el ser humano, sus actividades, la geomorfología, el suelo, el agua y en general todo lo que vemos, tocamos, olemos y hacemos”<sup>30</sup>; y este sistema paisajístico es valorable.

Analizando la definición anterior se puede afirmar que el paisaje es un escenario dinámico en el tiempo que está formado por distintos elementos ambientales y configurados por una sucesión de imágenes donde el observador y lo observado juegan un papel determinante en el proceso de evaluación<sup>31</sup>.

Entonces se puede decir que el factor *paisaje* constituye el núcleo para la evaluación ambiental, y agrupa a todos los factores medioambientales definidos en el proceso de evaluación ambiental como es el agua, la vegetación o la geomorfología del terreno; sin estos elementos ambientales no existiría el termino de lo observado, el paisaje, ni el observador, el ser humano.

La modificación o alteración del paisaje que producirá una actividad humana está definida como el impacto paisajístico del proyecto.

El paisaje está diseñado por elementos internos de primer y segundo nivel. Los elementos físicos se agrupan en un primer nivel de evaluación en el escenario y los aspectos socioeconómicos en el segundo nivel. Estos parámetros son los mismos que intervienen en la evaluación de impactos ambientales en los proyectos pero son presentados de forma diferente para simplificar el proceso de valoración ambiental.

Los factores ambientales de primer nivel o fenosistema que diseñan un paisaje y están definidos por los factores físicos del medioambiente y son:

- El suelo
- El agua
- La atmosfera (el aire)
- La geomorfología y geología
- El ruido (medioambiental)
- La vegetación
- La fauna
- La flora

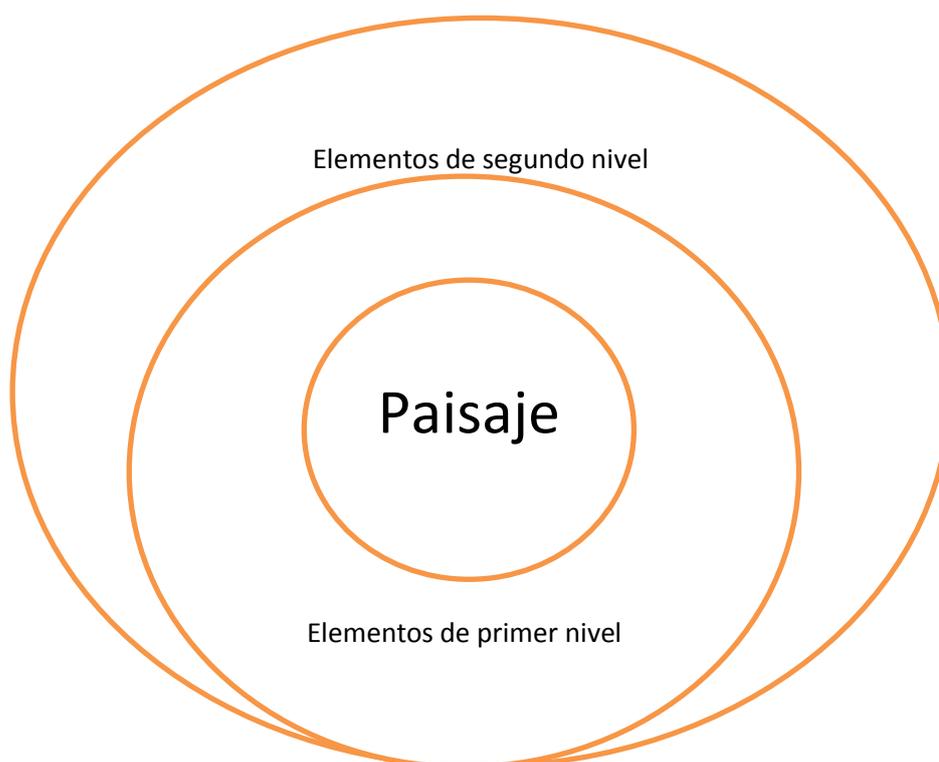
Los elementos socioeconómicos o de segundo nivel, constituidos mayormente por elementos del criptosistema que diseñan, moldean y alteran el paisaje, se definen como:

---

<sup>30</sup> Comentario popular

<sup>31</sup> Definición del paisaje del autor

- La población y sus actividades
- La renta per cápita
- El consumo
- Otros factores socio culturales



#### 1.44 Los elementos de primer y segundo nivel del paisaje

Además es necesario completar este concepto del paisaje, con la definición de los elementos estáticos y dinámicos que lo componen, o las interrelaciones que existen entre los elementos de primer y segundo nivel con los factores del paisaje, y que definiré más adelante en esta investigación.

Con esta innovadora definición del paisaje que presento, la intención es introducir un nuevo concepto para explicar lo que podríamos calificar como medioambiente, especialmente el paisaje, y facilitar su proceso de valoración. Con esto se puede conseguir simplificar el difícil y poco claro proceso de evaluación de impacto ambiental en las modificaciones generadas por un proyecto, y que deben valorarse directamente sobre cada elemento que constituye el paisaje; y más importante, si es un proyecto minero con las características de encontrarse en la fase de constituir un pasivo ambiental.

Con estas premisas, se puede diseñar un paisaje tipo, como se presenta en la siguiente ilustración; los elementos de primer nivel están representados por los elementos físicos, agua,

atmosfera, vegetación, flora, fauna y suelo; y los de segundo nivel que modifican el escenario paisajístico por los elementos socio-económicos, como el empleo, constituido por la actividad de la pesca, el consumo ambiental por la fábrica de madera, la renta, la población o las tradiciones y costumbres, que diseñan una decoración indirecta del paisaje:



1.45 El diseño de un paisaje tipo

En paisajes con poca actividad y presencia humana, los factores ambientales afectados son valorables de una forma estática en el tiempo lo que quiere decir que no cambian su tasación, la poca dinámica en la modificación del paisaje hace que su valoración se circunscriba únicamente a una transformación establecida por la naturaleza y que permanece generalmente constante en el tiempo.

No puede descartarse que surjan otros elementos naturales que modifiquen la condición neutra del paisaje natural en los proyectos mineros- Por ejemplo la aparición de corrientes de aguas acidas producto del efecto de las lluvias sobre los materiales o minerales almacenados, o el encubrimiento de zonas de explotación minera por el crecimiento de la vegetación circundante; pero estas modificaciones son puntuales, con una trascendencia temporal, y contribuirán en grado mínimo a la variación en la valoración paisajística del proyecto minero.

Se puede decir que la valoración del paisaje en los proyectos mineros tiene una condición de evaluación integradora de cada uno de sus contenidos o factores ambientales en un soporte físico, que es el proyecto y el entorno ambiental.

Esta evaluación es un mecanismo de valoración sencillo ya que contempla las modificaciones en el paisaje y su variación en el tiempo producto de las actuaciones del proyecto, pero puede

ser un trabajo laborioso en proyectos dinámicos con actividades y acciones de técnicas complejas y en tiempos prolongados.

### **1.4.2 LA ARQUITECTURA DEL PAISAJE**

Se entiende por paisaje la naturaleza, el territorio, área geográfica, medio ambiente, recurso natural, hábitat, escenario o sistema de sistemas, pero sobretodo, es la manifestación externa o el indicador de los procesos de transformación que tienen lugar en los territorios correspondientes al ámbito de actuación natural de la presencia humana.

En una visión psicológica, todo paisaje emite una señal no codificada a nuestro cerebro, el cual procesa la información y la trasmite de diversa manera al receptor, que reacciona de distinta forma ante un mismo acontecimiento. Como fuente de información, el paisaje está ligado inicialmente a la percepción humana y es objeto de una interpretación personal.

Por estudios realizados, el ser humano establece su relación con el paisaje como un ente receptor de la información, la analiza científicamente y la experimenta emocionalmente con comportamientos o actitudes muchas veces negativas si el origen de esta información proviene de una fuente con interferencias o es alterada negativamente, lo que indica que existe una relación de comunicación paisaje-ser humano.

Pero esta relación del ser humano con el escenario del paisaje es doble, por un lado es parte integrante del paisaje modificándolo directamente a través de sus actuaciones en los proyectos y está estrechamente ligado a él en su vida cotidiana; por otro lado, recibe y procesa la información que suministra el emisor, el paisaje, como simple espectador analizándola de forma espontánea o dirigida según un esquema de estudio con un fin determinado. A su vez, la información recibida puede ser utilizada para modificar la actuación del hombre sobre el paisaje, por esto puede decirse que establece así una relación en los dos sentidos hombre-paisaje y paisaje-hombre.

Hay dos grandes enfoques en el estudio del paisaje, el primer estudio lo analiza como una manifestación interna del territorio, introduciendo los elementos ambientales que lo componen y las distintas fuerzas que sobre él actúan, y otro con una visión externa, trata de como recibimos y procesamos esa información paisajista existente.

El paisaje ecológico se analiza de forma global como un indicador o elemento de síntesis, del entramado de las relaciones entre los elementos bióticos y abióticos del sistema natural. En palabras de González Bernáldez (1981), el paisaje estaría constituido por los componentes perceptibles de un sistema natural, o fenosistema, que se complementan con el componente no perceptible del sistema y de difícil observación llamado criptosistema. La inclusión del hombre como elemento clave del paisaje ha llevado a varios investigadores a interpretar el paisaje como un estado cultural, como el escenario de la actividad humana.

El otro enfoque, el de visión externa del paisaje visual, el que el observador ve y se estudia como un trasfondo estético de la actividad ligada principalmente a la observación humana. El

paisaje es analizado como expresión espacial y visual del medio, como conjunto de caracteres del medio físico y biótico, perceptibles con la vista.

El paisaje visual representa al entorno definido por la percepción del observador, es fundamentalmente lo que siente y lo que ve delimitado por el espacio visual del punto de observación. La caracterización de esta observación humana son los elementos ambientales que pueden ser percibidos visualmente por los sentidos del observador.

Como conclusión se puede decir que el escenario del paisaje está integrado por el contenido físico y por la visualización del observador o el espectador, ambos elementos tienen que coexistir simultáneamente para que se produzca el efecto paisajista o la valoración paisajística, quiere decir que para poder evaluarlo correctamente es necesaria la presencia de la escena y del espectador.

### **1.4.2.1 EL CONTENIDO DEL PAISAJE**

Un paisaje está configurado por elementos internos y externos, que en palabras sencillas de entender se podría definir como “lo que vemos y como lo vemos”. En este apartado del estudio definiré el contenido del paisaje, o dicho de otra forma lo que vemos, que constituyen los elementos internos del medioambiente definidos por el marco de lo que es observado por el ser humano.

Es importante tener presente que el termino paisaje en esta investigación, concentra a todos los factores ambientales definidos en las evaluaciones ambientales que actúan en entorno del proyecto al que llamaré *sistema paisajístico*, por este motivo se considera como un elemento integrador de componentes del medio físico, que diseñan este sistema, a los que denominaré los factores ambientales de primer nivel; y a los elementos socioeconómicos como factores ambientales de segundo nivel, ambos aspectos son los receptores de todas las actividades y acciones del proyecto.

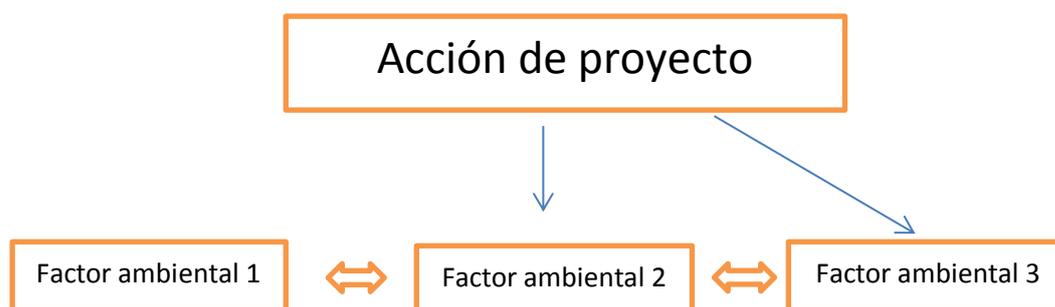
Toda actuación del proyecto incide en alguno o varios aspectos del ambiente, individualmente o en su conjunto, y en este caso en el sistema paisajístico que será definido ampliamente en esta investigación. Las modificaciones producidas en el entorno, ya sean beneficiosas o adversas van a producir alteraciones o modificaciones en los factores ambientales indicados por la variación del valor de calidad, ya sea de forma cualitativa o cuantitativa.

Las causas de estas modificaciones son principalmente (Gómez Orea, 1992) por:

- Cambios de uso en el suelo
- Emisiones de agentes contaminantes
- Sobreexplotación de recursos naturales y/o ecosistemas
- Sub-explotación de recursos naturales y/o ecosistemas

Las acciones humanas van producir modificaciones directas en los componentes del paisaje, los factores ambientales, que a su vez producirán efectos indirectos y otras modificaciones por la interrelación entre ellos.

En la siguiente ilustración, se representa una acción de proyecto que modifica el factor ambiental o paisajístico nº 2 y nº 3, y estos factores indirectamente están alterando la función del factor ambiental nº 1. Esta representación se puede observar en la vida real donde, por ejemplo el proyecto, una extracción de material en una explotación minera, actúa sobre el factor agua, contaminándola, y el suelo que indirectamente altera el medio físico de una plantación cercana provocando impactos o efectos nocivos.



#### 1.46 El impacto indirecto del factor ambiental

La acción del proyecto minero, la extracción de material de mina, actúa directamente sobre los factores ambientales del suelo y el agua con la modificación adversa del valor del paisaje que lo componen, y afecta indirectamente al factor ambiental de la vegetación por el deterioro en la calidad del agua o la desertización provocada.

La modificación total del paisaje es la suma de estas modificaciones parciales que se producen en los factores ambientales, directas e indirectas y dará como resultado la alteración total producida, a lo que llamaremos la modificación del valor del paisaje o de la valoración paisajista y del impacto final en el paisaje por la acción del proyecto.

Por este motivo es necesario conocer que relaciones existen en estos factores ambientales con el elemento integrador llamado el sistema del paisaje o sistema paisajista, y como pueden influir los efectos de las acciones del proyecto en cada factor ambiental de forma directa o indirecta en la modificación del paisaje.

A continuación describiré las incidencias que pueden presentarse en los factores ambientales directos o de primer nivel, e indirectos o de segundo nivel por la acción del proyecto y que se contemplan en una evaluación paisajística, y las posibles interrelaciones de estos elementos, que daría como resultado la modificación del valor del paisaje.

Estos componentes en el proceso de diseño pueden ser temporales y permanentes, o definitivos en el tiempo.

A. Los factores ambientales de primer nivel o componentes directos del paisaje:

- El agua, este factor ambiental es uno de los principales componentes en el diseño del paisaje. La alteración principal que puede sufrir por la acción directa del proyecto es la disminución o pérdida de la calidad o de cantidad de los recursos hídricos y en la hidrología superficial, cambios en el patrón de drenaje, con una modificación sustancial del valor en el paisaje inicial.
- La vegetación, también es un elemento importante en el diseño del paisaje. Su alteración adversa principal es la pérdida o disminución de la cobertura vegetal, de pastos, de bosques y matorrales, de especies de flora, y si es beneficiosa la repoblación de zonas con masa forestal o boscosa con la modificación en ambos casos del paisaje inicial y del valor paisajístico.
- El suelo, constituye el factor soporte de otros factores ambientales. Su alteración adversa por la acción directa del proyecto puede producir la pérdida de superficie, de calidad por contaminación, de la capacidad agrícola, urbana e industrial, por erosión superficial, por inestabilidad con movimientos, por pendientes, hundimientos, profundidades y desaparición de zonas de interés, y en general una pérdida de ecosistemas y paisajes. Las acciones beneficiosas son la transformación de espacios para fines urbanos o industriales. De forma indirecta las modificaciones estarán relacionadas con los cambios de uso del suelo y relacionado con el factor del agua, con la vegetación, la fauna, la geomorfología principalmente, pero en todos los casos se produce una modificación sustancial del valor paisajístico de la zona estudiada.
- El aire, su incidencia directa por la acción del proyecto minero generalmente es mínima. Las alteraciones en este factor ambiental son indirectas y temporales, producidas principalmente por actividades industriales y energéticas, por los efectos de la contaminación y la pérdida de la calidad del aire con una disminución del valor en el paisaje, pero sus efectos son limitados a la visibilidad.
- El clima, la modificación de este factor ambiental por una acción directa de proyecto es nula, aunque si puede producir cambios a largo plazo con la modificación del valor del paisaje inicial.
- La geomorfología y geología, diseñan la estructura del paisaje; su alteración por los proyectos produce cambios geomorfológicos, la inestabilidad de laderas y terrenos con la consiguiente modificación en el paisaje.
- La fauna, es un elemento dinámico que diseña transitoriamente un paisaje. La alteración por la acción directa modificará el paisaje con la pérdida, repoblación o eliminación de la fauna o especies existentes.

- La flora y vegetación, es un componente de gran importancia en el paisaje y su modificación en los contenidos o en el espacio que ocupan incide en gran medida en la valoración del sistema.

La modificación del valor en el sistema del paisaje tiene que definirse como la suma de los cambios que se producen en forma directa e indirecta por la actuación del proyecto. Los elementos espaciales como el ruido no puede considerarse como un factor ambiental porque no contribuye a diseñar el paisaje, es una respuesta a una acción concreta del proyecto minero como las emisiones o escorias que se producen en la explotación del yacimiento que si diseñan el paisaje.

B. Los factores ambientales de segundo nivel o componentes indirectos del paisaje:

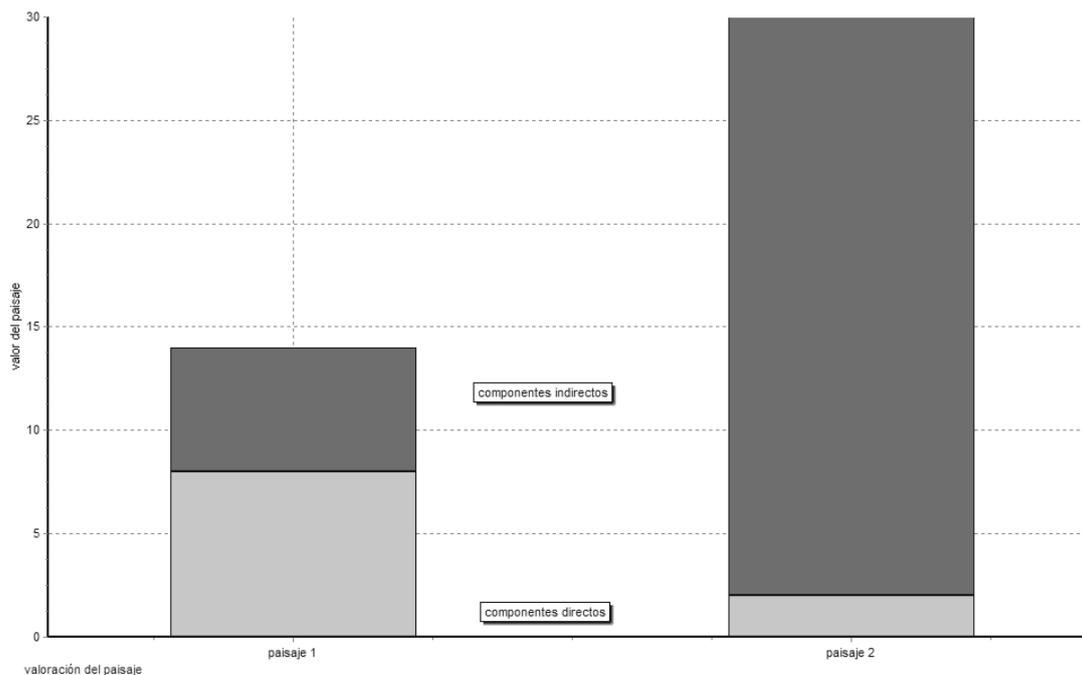
- La renta, el empleo y la inmigración, directamente no producirá ningún cambio en el sistema paisajístico, pero indirectamente indica una variación del valor por la generación de residuos sólidos, escorias, material de desecho u otro producto, por la aplicación directa de la acción del proyecto sobre el factor ambiental del agua o el suelo principalmente. Además las modificaciones de este factor ambiental puede producir nuevas conductas y cambios de uso en la población como la desaparición y aparición de actividades, emigración, núcleos de población, tráfico o infraestructuras
- El consumo, la modificación o alteración del bienestar puede suponer un cambio en comportamientos, conductas, hábitos, normas, pautas, costumbres, tradiciones, en actividades económicas dominantes y potenciales como cambios en los hábitos de ocio, de turismo, de consumo agua, de energía, alimentación y otros elementos. El sistema paisajístico está definido por la valoración de la producción y el consumo ambiental sobre los factores del medioambiente.
- La seguridad, salud e higiene de la población se ve modificada en gran medida por el cambio de actitudes, costumbres y formas de consumo, y por efectos la contaminación en diversos aspecto, lo que altera o modifica un sistema paisajístico.

Los elementos ambientales de segundo nivel están descritos como los aspectos socioeconómicos en el proceso de evaluación de impacto ambiental, y englobado como un criptosistema. Son aspectos dinámicos, y su incidencia en la modificación del valor del paisaje es una función indirecta y temporal, tanto como duré la acción del proyecto sobre el factor ambiental que se desarrolla.

A simple vista la modificación en estos elementos no producen una transformación instantánea y directa importante en el sistema del paisaje que es percibido por el observador, pero si en su valor global en el tiempo. La alteración que produce es de forma indirecta y está

relacionada con las actuaciones sobre los factores de primer nivel, como el agua, la vegetación o el suelo principalmente.

En la siguiente ilustración, se presenta la comparación del valor del paisaje según los componentes directos e indirectos que lo integran. Los impactos que se producen por el proyecto generan modificaciones sustanciales pasando de un escenario inicial, paisaje 1, a otro intermedio o final, paisaje 2, según la mecánica de valoración:



#### 1.47 La variación de los componentes del paisaje

Con este concepto, el paisaje puede modificarse su valor según los criterios a introducirse. Se pueden modificar los componentes de primer y segundo nivel que se tengan en consideración para el diseño y el grado de alteración producida en las actividades del proyecto, lo que se denomina la producción y el consumo paisajístico del proyecto.

### 1.4.2.2 LA VISUALIZACIÓN DEL PAISAJE

En este apartado de la investigación haré una introducción a la visualización del paisaje para definir las características y las acciones de cómo se aprecia y valora los contenidos del paisaje por el observador.

El paisaje visual está ligado a la percepción humana, nace de un estado de observación y contemplación, de forma que según ciertos autores crea expectativas en cada espectador generando tantos paisajes como espectadores lo estén visualizando.

Siguiendo este enfoque el paisaje puede definirse en diferentes términos como:

- los componentes naturales como formas del terreno, cubierta vegetal, afloramiento rocoso, presencia de masas o cursos de agua
- las actividades humanas en especial el uso de la tierra incluyendo las edificaciones e infraestructuras
- los factores estéticos relacionados con la reacción de nuestra mente ante lo que ven los ojos como formas, escalas y colores

Se ha escrito bastante sobre el tema del paisaje, la pérdida o deterioro de un determinado escenario está definido por la disminución de la calidad en su contenido, de la capacidad del entorno medioambiental del territorio o de un componente del recurso visual del mismo. Dicho con otras palabras la calidad del medio se define como el grado para no ser destruido; Cifuentes<sup>32</sup> apunta que la degradación del paisaje es un proceso que implica una caída en la calidad del medioambiente. La calidad puede estar limitada y definida por la naturalidad, integridad, proximidad al clímax, diversidad y singularidad de las vistas del observador de un determinado paisaje.

El ser humano posee una preferencia innata por los paisajes naturales originales y los de gran calidad. Esta calidad del paisaje que se presenta supone una importante cualidad para su conservación y se define tanto por su valor ecológico, presencia de elementos singulares de especial rareza o interés (Cáncer, 1999) como valores perceptuales, sensación de grandiosidad, belleza, y culturales, monumentos históricos, conjuntos urbanos existentes en el entorno analizado.

Según el análisis de teorías paisajistas, el medioambiente carece de precio pero tiene un valor, así un recurso como el paisaje tiene un valor de uso porque el público utiliza el bien y se ve afectado positiva o negativamente por cualquier cambio que ocurra en él según su capacidad de absorber las modificaciones.

El caso contrario es el valor de no-uso del bien que es cuando el recurso existe pero no es utilizado. Estos términos de valoración social son analizados por métodos económicos de valoración de la calidad ambiental como el Método del Costo del Viaje (Azqueta, 1994). Con este método se analiza y se le asigna un valor económico a un paisaje determinado valorando principalmente el costo total que supondría el realizar un viaje para lograr apreciar en toda su magnitud este recurso cultural. El problema de este método es la dificultad de valoración del concepto “apreciar el recurso cultural en toda su magnitud” y contrastarlo con los beneficios de calidad obtenidos.

Así la valoración de un paisaje debe realizarse de una forma científica, con conocimientos técnicos y de investigación del elemento social que lo compone, mediante la opinión del público analizando los valores estéticos del paisaje y saber que parámetros necesitan mayor grado de análisis, y sin olvidar el apoyo del marco legal necesario para la protección de determinados entornos visuales, por ejemplo.

---

<sup>32</sup> Cifuentes, 1993

Los factores causantes de la pérdida de calidad o deterioro y posterior destrucción del paisaje pueden generarse principalmente por cambios de uso del suelo por agotamiento de las tierras de cultivo o por intereses económicos especulativos en la sobreexplotación de recursos naturales como la tala indiscriminada de árboles o por procesos de contaminación como la pérdida de espacios naturales de gran valor paisajístico con las explotaciones mineras.

El término *calidad* puede definirse como el mérito del medio para no ser alterado por una actuación, y depende de los recursos paisajísticos o de los elementos y atributos del paisaje, que pueden dividirse en tres componentes principales:

- calidad ambiental de los contenidos
- calidad visual o de comunicación
- calidad estética o perceptual

Otros conceptos interesantes para la visualización de los recursos paisajísticos, se presentan en los estudios realizados por algunos autores, como el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, (CEOTMA, 1991), los cuales resumo a continuación:

#### A) LA CALIDAD DE LOS CONTENIDOS

Los distintos sistemas ambientales como elementos del paisaje, poseen un valor propio, el valor de sus componentes, que puede ser definido como el objetivo del paisaje propiamente dicho. Esta calidad de los contenidos del paisaje es el valor ambiental o calidad del medio físico, que muestra, por ejemplo la geomorfología o la vegetación de un ecosistema.

Trasladando el ejemplo a un paisaje minero, la formación geológica que se presenta sumado a la asociación vegetal o animal existente, constituyen los recursos de contenido del paisaje. El valor del implícito de este paisaje es el propio del proceso ambiental que lo generó, y la calidad de los contenidos en este paisaje minero está representada por el valor geológico, ecológico o sociocultural.

#### B) LA CALIDAD VISUAL O DE COMUNICACIÓN

La visibilidad es el grado de percepción que hace posible ver cierto sitio, y es la manera cómo podemos divisar un paisaje y obtener distintas vistas. Se valora la amplitud de visión del territorio definido con el término de “panorama”, así la calidad visual de un paisaje es mayor cuando la ubicación panorámica del objeto es más interesante y puede generar mejores vistas potenciales.

Los puntos panorámicos son aquellas ubicaciones de gran valor visual cuya cuenca alberga paisajes de interés para el observador. Se llama cuenca visual la porción del territorio donde es posible contemplar un objeto específico del paisaje que viene a constituir el punto neurálgico o central de la observación, lo que definiré como cuenca del objeto.

Por otro lado, la cuenca visual del observador, es la ubicación del observador y comprende todo aquél territorio a observarse desde esta posición. Generalmente, la distancia donde se realiza una observación en condiciones óptimas de nitidez, es sobre un radio aproximado de 3.000 metros como máximo, dependiendo principalmente de factores climáticos externos o visuales como la lluvia o nubes. Se pueden evaluar las áreas de la cuenca como lugares de percepción de gran nitidez, las observaciones que se realizan a menos de 500 metros del objeto.

El estudio de la calidad visual del entorno del proyecto, debe completarse con la caracterización de los recursos, el aspecto de estas vistas como la estimación de la amplitud de las vistas y la caracterización de la frecuencia de observación, y el análisis de los contenidos existentes en el paisaje.

### C) LA CALIDAD ESTÉTICA O PERCENTUAL

Es la apreciación o disfrute del paisaje, está relacionada con la psicología humana y es un proceso exclusivo de cada individuo. Es el resultado de apreciar e interpretar personalmente un determinado paisaje para definirlo como bello, malo, grandioso u otras calificaciones.

Los criterios de valoración de la calidad perceptual de un paisaje son las connotaciones por referencias personales que nos da este paisaje. La calidad estética está definida por la organización equilibrada que favorece el disfrute lo que quiere decir la armonía del paisaje. Esta calidad estética suele asignar valores altos cuando hay regularidad, contraste y armonía en el paisaje.

La calidad perceptual se suele valorar por su *espectacularidad* o por los efectos sorprendentes que denota por lo inesperado del paisaje. Es así la verticalidad, el movimiento del agua, la iluminación dorada y otros efectos que para tener un valor real de la escena a observarse tiene que practicarse un detenido análisis.

### D) LA PERCEPCIÓN DE LA CUENCA VISUAL

El objeto de establecer una cuenca visual para el paisaje observado es determinar las áreas visibles desde cada punto o conjunto de puntos, bien simultáneamente o en secuencia, con vistas a la posterior evaluación de la medida en que cada área contribuye a la percepción del paisaje y a la obtención de ciertos parámetros globales que permitan caracterizar el territorio en términos visuales. Los resultados del análisis pueden ser de gran utilidad en los estudios de planificación y de evaluación de impactos visuales de los proyectos.

Los datos necesarios para efectuar estos análisis son fundamentalmente los datos topográficos como la altitud de cada punto así como los informes referentes a la altura de la vegetación o las edificaciones existentes en la escena, y los procesos operativos son puramente geométricos.

La mayor dificultad radica en la definición de parámetros globales de visibilidad para caracterizar al territorio que sea representativo. Estos parámetros incluyen a las condiciones atmosféricas del territorio a investigar muy variable en el tiempo y que dan lugar a productos visuales característicos en cada momento, afectando la distancia de visión y reduciendo la percepción de contraste.

Por ejemplo, la nubosidad o *el smog*<sup>33</sup> reduce la intensidad de los colores, y la presencia de nieve o hielo aumenta la geometría de las formas; pero estas limitaciones que se presentan pueden ser prevenidas proponiendo unas condiciones medias de visibilidad, grado de iluminación, claridad del aire o humedad atmosférica.

El ámbito de estudio de la cuenca se fijará en función de las características geográficas y visuales del territorio afectado por la actividad minera y las particularidades de la explotación. La división de la zona en unidades del paisaje cuya respuesta visual sea lo más homogénea posible, requiere un alto nivel de detalle y especificación.

Las unidades pueden ser irregulares extensas, generalmente asociadas a factores naturales del medio, regulares mediante superposición de una malla poligonal, u obtenidas por combinación de las anteriores (Aguilo, M. et al, 1984). Sin embargo la delimitación de la cuenca visual es la zonación más rigurosa y la que mejor define el área de estudio.

La cuenca visual corresponde a la superficie de terreno visible desde un punto o conjunto de puntos que generalmente se obtiene mediante proyección de rayos visuales alrededor de cada punto. La amplitud de los rayos se fija de antemano, cuanto más pequeño sea el ángulo mayor información se obtiene sobre la morfología del territorio circundante. Los rayos se interrumpen cuando alcanzan un obstáculo que impiden la visión más allá de este.

La cuenca visual tiene una serie de propiedades intrínsecas que determinan la amplitud del territorio para absorber visualmente las modificaciones o alteraciones producidas:

- Tamaño de cuenca visual. La explotación es potencialmente más visible, cuanto más grande sea la superficie de la cuenca visual.
- Porcentaje de huecos o zonas de sombra. La posibilidad de ocultación de la actuación está inversamente relacionada con el porcentaje de huecos: cuanto menor sea el número de éstos, más visible es la explotación.
- Alargamiento de forma. Las cuencas alargadas y focalizadas son más sensibles a las perturbaciones producidas que las panorámicas, donde las vistas no están “dirigidas” y el daño visual causado en un sector no perturba el resto del territorio.

Las explotaciones mineras a cielo abierto producen un efecto visual negativo que puede alterar el carácter del paisaje. Las causas de estas alteraciones son diversas, lo más frecuente es que haya una falta de ajuste o un excesivo contraste entre los elementos visuales de la explotación y los del entorno.

Este contraste puede provenir de cualquiera de los elementos o de varios de ellos a un mismo tiempo. Por ejemplo, se puede hablar de contraste de formas y líneas entre la geometría de los campos de relaves y las formas suaves y blandas del terreno, o el contraste cromático

---

<sup>33</sup> Mezcla de contaminación, neblina y polvo

introducido por una cantera en una zona donde el colorido dominante sea el verde homogéneo de un pinar.

Un método clásico y eficaz de obtención de la cuenca visual es el que se expone con bastante claridad en la “Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico” editada por la Secretaría de Estado para las Políticas de Agua y Medio Ambiente del Ministerio de Fomento de España (CEOTMA, 1991).

El método de obtención de la cuenca visual se resume en los siguientes pasos:

1. En un mapa a escala adecuada se traza una dirección visual
2. Se obtiene un perfil transversal correspondiente a esta dirección visual calculando las intersecciones con las curvas de nivel
3. Se trazan rayos visuales hacia el perfil de modo que al alejarse del punto de observación se vayan obteniendo pendientes que han de ser cada vez mayores para que se mantenga la visibilidad, y se dibujan estos puntos en el mapa base.
4. Se gira la dirección visual un determinado ángulo y se repite el procedimiento
5. Se repite el paso anterior hasta barrer la zona que interese.

En la determinación de la cuenca visual, una escala de 1:25.000 en el mapa es conveniente utilizar para localizar los límites visuales con buena precisión. Otras escalas más pequeñas proporcionan mejor precisión pero requieren la información más detallada de varios mapas. Para el barrido del área de estudio puede obtenerse cada 5 grados o más con buen grado de precisión.

Además se debe realizar la operación en los momentos del día más ventajosos en cuanto a iluminación y condiciones de visibilidad son las adecuadas. Es preferible trabajar con orientaciones que reciban la luz lateralmente, visitando el lugar en distintos momentos del día. La mayor limitación está en la dificultad de incorporar restricciones de visibilidad debidas a formaciones vegetales o a edificaciones.

#### E) LA ALTERACIÓN DE LAS PAUTAS DE VISIBILIDAD

En la minería, las explotaciones producen un efecto visual negativo que pueden alterar el carácter del paisaje. La causa de estas alteraciones son diversas, lo más frecuente es que haya una falta de ajuste o un excesivo contraste entre los elementos visuales de la explotación y los del entorno.

Este contraste puede provenir de cualquiera de los elementos o de varios de ellos a un tiempo. Por ejemplo se puede hablar de contraste de líneas y formas entre la geometría de las escombreras de una mina a cielo abierto y las formas suaves y blandas del terreno, o el contraste cromático introducido por una cantera en una zona donde el colorido dominante sea el verde homogéneo de un pinar.

Otra causa de alteración paisajista, puede ser que los elementos físicos de la explotación minera como huecos, escombreras o edificaciones se conviertan en factores dominantes con relación a otros elementos existentes en la instalación, especialmente en términos de escala y de posición.

La dominancia en escala viene determinada por la ocupación relativa de cuencas visuales en términos de área del plano visual relativo. Se produce cuando los elementos físicos de la explotación son desproporcionados en tamaño respecto de los componentes del paisaje del entorno.

La dominancia por posición es función de la relación espacial de la explotación con los componentes dominantes del paisaje, por ejemplo si en un paisaje dominado por una línea de cumbres las escombreras de una explotación interrumpen dicha línea y las condiciones de visibilidad del paisaje, como sucede en los paisajes cerrados donde las explotaciones son más grandes que en los paisajes panorámicos, ya que en los primeros la dirección de las vistas están muy dirigidas y cualquier elemento extraño rompe el sistema de flujos visuales y se convierte en elemento dominante en el paisaje, mientras que en los paisajes panorámicos la dirección de las vistas no está dirigida.

Como primer paso, se define y calcula la cuenca visual de los elementos introducidos con el proyecto, y se seleccionan los puntos visuales más significativos para proceder al cálculo de su amplitud visual y la frecuencia de observación.

Efecto paisajístico (impacto visual)	Análisis de visibilidad
Propagación visual	cuenca visual de puntos más elevados y llamativos frecuencia de observación, alcance visual
Presencia dentro de las vistas	cuenca visual del observador de puntos panorámicos y miradores, disposición de los elementos de las cuencas
Intrusión visual	perfiles visuales, frecuencia de observación, intereses del recurso afectado, alcance visual
Nuevos miradores	cuenca visual y análisis de las condiciones de las posibles observaciones y de su frecuencia, recursos y alcance de la cuenca, alcance visual

#### 1.48 El efecto paisajístico y el análisis de visibilidad

También es favorable calcular la cuenca visual de observador, de los puntos panorámicos y miradores donde el observador puede percibir el paisaje de forma preferente, y analizar la visibilidad desde estos puntos visuales al proyecto. Debe incluirse una relación del interés y la

profundidad de las vistas de los recursos paisajísticos del proyecto, como su interés estético y de contenido en su percepción.

Para un mejor análisis de la calidad del paisaje se recomienda observarlo desde puntos elevados. En los proyectos mineros puede realizarse una mejor visualización en puntos estratégicos, como canchas de relaves o chimeneas de mina, donde la observación es más completa. En otras operaciones, puede interesar valorar la amplitud visual en elementos que introduzcan contrastes estéticos, por diferencias con el entorno, elementos de colores cálidos, con brillos, con orientación vertical, de contrastes en la forma geométrica o de grandes proporciones, con mayores resoluciones.

La siguiente tabla, define la calidad o valoración paisajística que puede producirse en el proyecto, y la capacidad de análisis del observador en el entorno ambiental:

Calidad del paisaje (análisis)	Efecto paisajístico (impacto visual)
Calidad de los contenidos	Efecto sobre los contenidos: patrimonio geológico, ecológico y sociocultural
Calidad estética	Alteración de los elementos visuales: extensión, contraste, armonía, otros
Calidad percentual	Alteración de las connotaciones: naturaleza, exóticos, espectaculares
Calidad visual	Pautas de visibilidad: amplitud de vistas, interés ambiental de vistas, interés estético d vistas, frecuencia de observación, importancia de observación

#### 1.49 La calidad del paisaje y el impacto visual

##### F) LA FRAGILIDAD DEL PAISAJE

Como sucede con otros contenidos del medioambiente, el paisaje presenta una cierta facultad de verse modificado cuando en él se producen determinadas actuaciones. A esta facultad de cambio se le define como la fragilidad del paisaje.

La fragilidad es la capacidad que tiene un paisaje de transformar su identidad, composición y esencia. Para que sea efectiva esta modificación es necesaria la introducción determinadas actuaciones. En sentido inverso, se entiende capacidad de absorción como la capacidad que tiene un paisaje de asimilar determinados cambios sin ver alterada ni su identidad, ni su esencia.

El estudio de la fragilidad de un paisaje, consiste en realidad en una evaluación del efecto paisajístico que tendría una determinada acción de proyecto. Se entiende el efecto paisajístico como la alteración que induce una determinada actuación en el paisaje como resultado de los cambios en su capacidad, y que provoca modificaciones en sus contenidos, sus pautas de visibilidad y el aspecto exterior en general.

Los efectos de la posible modificación del paisaje a los que se refiere el concepto de fragilidad implican una cierta pérdida o mejora de identidad de la escena afectada, pérdida que no tiene porqué ir asociada a una disminución de valor del paisaje, aunque frecuentemente lo es. De producirse la actuación transformadora, la escena frágil pasaría a organizarse estética y visualmente de otra manera, con un nuevo conjunto de componentes, unas nuevas relaciones entre los componentes o una combinación de ambos.

Este nuevo paisaje tendrá un nuevo nivel de calidad, con el consecuente deterioro, mantenimiento o mejora de su valor paisajístico. Se ha asumido el concepto de fragilidad como relativo a las diferentes actuaciones que se pueden plantear en un paisaje, es decir, un determinado paisaje será muy sensible o frágil frente a un cierto tipo de actuación, pero resistirá y podrá absorber hasta cierto punto actuaciones de otro tipo que se desarrollen.

Por ejemplo, una amplia llanura cultivada con cereales, de grandes parcelas y cubierta por una red de caminos sufrirá un gran cambio paisajístico si se construye en ella una elevada torre metálica vertical de más de cuarenta metros.

El paisaje de la llanura es frágil con la presencia de una gran actuación vertical. Sin embargo, la introducción de una acequia de riego de poca elevación pero gran linealidad tenderá a integrarse en el paisaje llano surcado por las líneas de lindes y caminos. La fragilidad de este paisaje es menor para el caso de una acequia de riego.

Este matiz sobre lo relativa que es la fragilidad del paisaje al tipo de actuación que podría transformarlo es interesante, pues numerosos autores y manuales clásicos de paisaje plantean la fragilidad como una cualidad directamente inversa de la calidad paisajística. La fragilidad aparece entonces como una propiedad intrínseca de cada paisaje y que no depende del tipo de transformación que pueda afectarlo.

Para este planteamiento clásico, el argumento es que un paisaje que posea gran calidad merece conservarse en todos sus contenidos y aspectos de manera que, cualquier tipo de cambio introducido, afectaría de la misma manera a su calidad, haciéndole perder su esencia.

Esta relación inversa entre calidad y fragilidad encuentra referentes en la ecología. Los valores de calidad que maneja esta ciencia están generalmente asociados a la especialización e interdependencia entre especies y el medio, de manera que cualquier cambio brusco ajeno al ecosistema aparece asociado a un desequilibrio de los sistemas más maduros y especializados y por tanto de mayor calidad. Así, en ecología se puede plantear fragilidad como condición inversa de la calidad.

Sin embargo, el paisaje, es decir, la percepción que poseemos de un sistema ambiental, presenta claros umbrales de absorción que le permiten sobrellevar algunos cambios,

incorporándolos sin gran alteración paisajística, entendida ésta en términos de contenidos, perceptuales y visuales.

Otras actuaciones de menor efecto ambiental podrán, sin embargo, inducir alteraciones radicales en el paisaje. Los siguientes párrafos de este apartado desarrollaré la naturaleza de estos cambios, o inversamente, los distintos aspectos de la capacidad de alteración o fragilidad de los paisajes.

El análisis de la fragilidad de un paisaje refiere por tanto a la esencia e identidad de un paisaje. Podemos así definir tres tipos de fragilidad parciales según se vieran amenazados los tres elementos básicos del proceso de apreciación paisajística, la permanencia de los contenidos, las condiciones de la visibilidad y la percepción que obtiene el observador. Una determinada actuación implicaría la alteración de uno o varios de estos tres elementos básicos, lo que combinadamente daría lugar a una determinada fragilidad paisajística resultante.

Un paisaje que frente a una actuación de un proyecto posee contenidos denominados frágiles, fragilidad de contenidos, implica que esa actuación potencial amenaza la permanencia de elementos o procesos del sistema ambiental que se muestra en un paisaje, por ejemplo elementos vegetativos, lagunas o espejos de agua.



1.50 La fragilidad del paisaje

En la fotografía, se muestra un paisaje de gran belleza en contenidos naturales, calidad paisajística con una extrema fragilidad. Las actuaciones de un proyecto potencial pueden amenazar y eliminar algunos elementos del paisaje natural, y proyectar la creación de nuevos contenidos artificiales en el entorno.

El diagnóstico que proporciona la evaluación de impacto ambiental con el carácter preventivo, recoge la fragilidad ambiental, en este caso, de espejos de agua, vegetación, geomorfología,

etc., y permiten identificar el aspecto de la fragilidad paisajística del entorno, que no es otro, que la propia fragilidad del sistema para modificar su esencia y estructura ambiental, sin incidir en su aspecto, las pautas de visibilidad que lo muestran.

Por tanto, este aspecto de la fragilidad es esencialmente ambiental, pues se interpreta a partir del deterioro ambiental que potencialmente se pueda inducir en el medio que se muestra como paisaje. Dependiendo del tipo de actuación, unos elementos del medio serán más sensibles que otros, entrando en riesgo su conservación en mayor o menor medida en el tiempo.

Aparte de los factores ambientales que se vean amenazados, las modificaciones inducidas por una actuación en un paisaje pueden divisarse desde amplios espacios de territorio o, al contrario, limitarse su visión a pequeños enclaves con baja frecuencia de observación. A esta condición se le denomina fragilidad visual, es decir, la capacidad que tiene un territorio o paisaje de propagar visualmente las alteraciones que en él se induzcan.

Una llanura es visualmente muy frágil a la instalación de una torre elevada pues su efecto paisajístico se propagaría en todas direcciones<sup>34</sup>. También es fragilidad visual la posibilidad de afectar a sus pautas de visibilidad, en mayor o menor medida, reorganizando las características visuales previas del medio.



1.51 La fragilidad de la llanura

La fragilidad visual es relativa a la visibilidad de cada ubicación del territorio que forma un paisaje, de manera que encontraremos localizaciones especialmente frágiles en las que si se ubica la actuación, su alteración obtendrá amplias cuencas visuales.

---

<sup>34</sup> Es la representación base de un paisaje estándar sin contenidos, con valoración paisajística cero. Para más información ver la ilustración 3.6. Las Ilustraciones 1.50 y 1.51 son diseñadas con el programa informático Terragen

Los emplazamientos más elevados, los puntos panorámicos, los miradores, las zonas con alta frecuencia de observación y las zonas de transición entre cuencas de intervisibilidad, son localizaciones que tienden a poseer gran fragilidad visual en el espectador.

Adicionalmente, algunas actuaciones pueden implicar grandes transformaciones de las pautas de visibilidad, ya sea indirectamente, por implicar grandes cambios en la morfología del terreno o directamente por su capacidad de intrusión visual, por introducir nuevos puntos de vista o por ambos. Determinados paisajes pueden ser muy frágiles frente a este tipo de actuaciones por tener sus pautas de visibilidad amenazadas.

Como conclusión, la fragilidad de aspecto o perceptual se define exclusivamente en términos de las imágenes que ve y que percibe un observador. Se trata de la capacidad que tienen el aspecto y la composición de un paisaje de alterarse al incorporar los cambios que introduce una determinada actuación.

Tanto la composición general de la escena, como determinadas pautas o simplemente representaciones aisladas de elementos, pueden sufrir cambios con motivo de la actuación que se plantea. Un embalse sustituye la variedad de texturas y colores del fondo del valle por un color, en tono y brillo homogéneo, una estructura altera la composición de un paisaje al introducir geometría pura de referencia, mientras que el movimiento de tierras de una carretera altera las formas y líneas previas de la escena.

La técnica de análisis por elementos visuales o estéticos permite interpretar ampliamente este tipo de fragilidad. Además, la bibliografía específica dedicada a los distintos tipos de proyectos incide detalladamente en el tipo de alteración que inducen estos trabajos en el aspecto estético de los paisajes.

La evaluación de la fragilidad del paisaje es útil en aquellos casos en que se pueden condicionar las características de la actuación que se prevé; es decir, cuando se realiza en estadios previos de la definición de la actuación por el proyecto, tales como en las fases de planificación y diagnóstico.

El conocimiento de los contenidos frágiles del paisaje, de su fragilidad visual y de las localizaciones de especial fragilidad visual permite si así se plantean los trabajos, incidir adecuadamente sobre la elección de la ubicación de la actuación, reduciendo su visibilidad o el efecto sobre los contenidos de mayor interés y sensibilidad, lo que representa actuar en las fases de planificación y selección de alternativas.

Como conclusión, la caracterización de la fragilidad de un paisaje es un aspecto técnico que debe ir asociado como mínimo en la fase preliminar del proyecto. Permite incidir sobre la estética de la actuación que se realizará y sus elementos, favoreciendo su integración entendida como una adecuación de la acción de camuflaje o resaltando sus contrastes con el entorno ambiental.

## G) EL ANÁLISIS DEL IMPACTO VISUAL

Generalmente, las alteraciones o impactos paisajísticos más importantes producidos por las actuaciones de los proyectos son principalmente por modificaciones fisiográficas<sup>35</sup> del terreno. La configuración final del terreno como medida correctora del impacto pasa a ser una de las etapas fundamentales en el desarrollo de los proyectos dentro de los programas de restauración minera y parte del diseño de los Planes de Explotación.

Los cambios de fisiografía natural se producen por la excavación de grandes huecos y por la creación de depósitos de relaves o de material minero de gran volumen con formas que contrastan con las naturales. Además, el grado de humanización, causa también del impacto visual se ve intensificado por la introducción de elementos artificiales dentro del área de explotación y zonas próximas como pistas de acceso, plantas de tratamiento, instalaciones auxiliares, líneas eléctricas y otras actuaciones.

Existen varios procedimientos para valorar el impacto visual que tendrá un paisaje después de ejecutar un proyecto o actividad, o los posteriores efectos que se pueden generar, y que no los analizaré en este estudio, porque constituyen una nueva línea de investigación; pero varios autores definen el impacto visual generado como el grado de bienestar, agrado o satisfacción del efecto paisajístico en observador luego de realizar la acción del proyecto.

En general, el planteamiento metodológico para un análisis científico de los impactos visuales del proyecto comprende las siguientes etapas<sup>36</sup>:

- a) identificación de tipos de impacto visual
- b) descripción de los recursos visuales existentes
- c) evaluación de la normativa legal relacionada con los impactos existentes
- d) estimación de los impactos visuales del proyecto sobre los recursos visuales existentes
- e) evaluación de la importancia de los impactos visuales estimados
- f) identificación e incorporación de medidas correctoras, compensatorias o mitigadoras.

Algunos métodos para describir los recursos visuales existentes resumidos brevemente son los siguientes:

1. La Puntuación de vistas

La vista inicial se puntúa con un valor de 10 ordenándolas de mayor a menor según la calidad de las vistas y clasificándola en cinco categorías que van desde la denominación “vistas buenas a conservar” a “vistas malas a eliminar”. Es un método sencillo y fácil de utilizar en la valoración de las vistas.

---

<sup>35</sup> Geografía física

<sup>36</sup> Canter, 1998

## 2. Las listas de control

Que definen tres fases para el estudio del impacto visual de los proyectos:

- a) inventario de recursos visuales: documentar los recursos visuales dando importancia a los recursos visualmente frágiles. Para esto se pueden establecer áreas críticas de valor ambiental.
- b) establecer criterios visuales como ubicar el proyecto en lugares óptimos y visualmente adecuados.
- c) identificar los impactos visuales mediante listas de control

Otros métodos para predecir los impactos visuales del proyecto son:

- Metodología descriptivas con fotografías sin y con el proyecto
- Metodología descriptivas con modelos a escala del proyecto
- Simulación infografía con modelos a escala del proyecto
- Método de indicadores cualitativos de calidad visual. Este método incluye la discusión, los resultados y las implicaciones en las alteraciones producidas.

Además se suele utilizar diferentes técnicas para realizar el análisis paisajístico con un sistema de puntuación simple:

- Metodología de análisis visual para medir atributos estéticos y describir alteraciones
- Metodología de análisis de usuario que evalúan preferencias individuales de los estímulos estéticos.

Un ejemplo del análisis de los impactos visuales por estos métodos que se presenta en la minería es la perturbación del paisaje con carácter global, y generalmente grave en el caso de las escombreras, severa en los huecos de explotación y de menor entidad por su mayor facilidad de control y temporalidad las derivadas de la construcción de edificios y plantas, y de la implantación de accesos e infraestructura.

## H) EL DISEÑO DEL PAISAJE

El carácter de un paisaje es la combinación y distribución de los elementos que lo componen y lo identifican como único y exclusivo. El diseño paisajístico, implica, la identificación y el análisis de los componentes que intervendrán en su diseño como una medida inicial<sup>37</sup>.

Por ejemplo, en el caso de los espacios forestales, el análisis previo de los componentes visuales del paisaje permite una mejor integración de las nuevas plantaciones en el paisaje

---

<sup>37</sup> Ver ilustración 1.45

circundante, y una correcta gestión de las masas ya establecidas en la que los componentes estéticos se sumen a las necesidades funcionales.

A continuación se describe el estudio de algunos de los componentes visuales más importantes y representativos del paisaje, y de cómo considerarlos para el tratamiento y diseño en los proyectos, como nuevas repoblaciones, el rediseño del paisaje o la gestión de espacios mineros entre otros.

Los elementos que modelan el paisaje:

### 1) La forma

Es uno de los componentes que más fuerza y poder evocador tiene cuando se mira un paisaje. La compatibilidad entre las formas de los componentes es esencial para mantener la unidad global de un paisaje. Las líneas y los ángulos rectos difícilmente proporcionan al paisaje un carácter natural. La distinción entre formas geométricas y formas naturales, más sinuosas, representa un importante papel en el diseño de nuevas repoblaciones.

Estudios sobre la percepción del paisaje han demostrado que hay una mayor aceptación de los paisajes donde predominan las formas interconectadas con fronteras difusas frente a los paisajes en los que la delimitación entre los diversos usos del suelo está marcada por fronteras nítidas, con poca interconexión entre las formas.

### 2) La fuerza visual

El ojo y la mente responden de una forma predecible y dinámica. Por ejemplo, la morfología del terreno dirige la visión hacia abajo en las laderas convexas mientras que en pendientes cóncavas y líneas de drenaje la visión es ascendente. La intensidad de esta fuerza visual depende de la escala e irregularidad de las formas del terreno.

Este mismo patrón es frecuente verlo en la distribución del tapiz vegetal. La vegetación sube hacia posiciones topográficas más elevadas en vaguadas y laderas cóncavas, favorecida por unas mejores condiciones ambientales, suelos más profundos o mayor humedad edáfica, que las existentes en las laderas convexas. Si las nuevas plantaciones se ajustan a esta distribución el paisaje resultante tendrá un carácter más natural.

### 3) La escala

El tamaño absoluto y relativo de los elementos del paisaje tiene un gran efecto sobre la percepción visual del observador. Por ejemplo, la escala de una nueva repoblación debe reflejar la escala real del paisaje donde se inserta y así formara un sistema adecuado.

La escala cambia según el punto de observación, en lo alto de una colina el paisaje es mayor, más amplio y panorámico que visto desde un valle. Conforme la escala del paisaje cambia, la escala de las nuevas plantaciones deberá también ir cambiando gradualmente, adaptándose a la nueva escala del paisaje. Cuando un paisaje, o parte de él, se percibe como la composición

de dos elementos, por ejemplo el terreno desnudo y arbolado en una ladera, una relación entre los espacios ocupados por cada un elemento de 2/3 para el elemento dominante y 1/3 para el elemento menor es la más satisfactoria.

A menudo existe el problema de integrar elementos muy pequeños en un paisaje de gran escala, repoblaciones de antiguas parcelas agrícolas en paisajes abiertos y panorámicos. Existen varias soluciones para estos casos, la creación de espacios cerrados, limitados, que facilitan la integración de las pequeñas manchas repobladas en un paisaje de mayor escala y dotan a éste de equilibrio y estructura; la coalescencia o agrupamiento de pequeños bosquetes, especialmente útil en terrenos llanos en los que la visión en un mismo plano de distintas agrupaciones de árboles aumenta su escala, ofrece una imagen de un paisaje con mayor densidad de arbolado.

#### 4) La diversidad

La diversidad trata de definir aspectos de número, características y atributos de los diferentes elementos en un paisaje o el diseño de un escenario. Con frecuencia se asocia la diversidad paisajística con la diversidad ecológica, pero son conceptos diferentes y no necesariamente equivalentes.

Las zonas con vegetación arboladas introducen diversidad en un paisaje desnudo, pero una repoblación masiva de un paisaje con nuevos elementos puede provocar una reducción drástica de su diversidad, si oculta los detalles y características que lo configuran. Aunque es deseable incrementar la diversidad de los paisajes uniformes y muy homogéneos, la excesiva fragmentación del paisaje puede arruinar su unidad e introducir cierta confusión en el diseño del nuevo escenario.

Un mayor grado de diversidad es aceptable cuando uno de los elementos del paisaje es muy predominante. Por ejemplo, en una masa forestal, una especie puede ocupar dos tercios de su superficie dedicándose el tercio restante a una masa mixta de distintas especies. En el diseño de nuevas repoblaciones y en el manejo de los espacios forestales deberá buscarse la diversidad de texturas, especies de diferentes edades y colores.

#### 5) La unidad

El paisaje debe tener una unidad, síntesis e integración de todos sus componentes. Las formas del terreno es el elemento paisajístico que aporta una mayor fuerza visual. El diseño de la vegetación debe ajustarse a la morfología del terreno, mediante una adecuada selección de formas, dominantes visuales y escala, y la utilización de los colores y la textura de las nuevas plantaciones como elementos de contraste con la estructura visual dominante en el paisaje. Existen programas técnicos<sup>38</sup> donde se detallan las acciones y las limitaciones que se pueden presentar en la integración de la vegetación al terreno que va a ser recuperado dado que cada actividad presenta diferentes tipos de alteraciones.

---

<sup>38</sup> Guía Ambiental para Vegetación de Áreas Disturbadas por la Industria Minero Metalúrgica en terrenos alterados por la minería.

Un ejemplo práctico de estos problemas es la dificultad de integrar una repoblación de coníferas que constituye una masa vegetal muy homogénea, con una estructura vertical predominante, de textura gruesa y color oscuro en contraposición con el cromatismo de los espacios rurales circundantes, y límites nítidos que enmarcan unas formas muy geométricas.

Estos problemas pueden resolverse diseñando adecuadamente las formas de las masas, integrando los márgenes exteriores mediante la utilización de especies que facilite la transición del espacio exterior con predominancia de componentes horizontales a la verticalidad del bosque, abriendo claros en el interior de la masa.

## I) LA INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

El primer paso para el diseño paisajístico con los nuevos elementos que introducirá y que se quiere desarrollar con el proyecto, es comprender la estructura visual del paisaje inicial donde se van a insertar estos nuevos elementos del proyecto.

El objetivo del diseño paisajístico con las nuevas acciones a desarrollar con el proyecto, es conseguir, principalmente, su integración en el paisaje natural, aunque no sea necesariamente el único condicionante a considerar<sup>39</sup>. En esta etapa pueden utilizarse todas las técnicas disponibles de representación gráfica, perspectivas, mapas, fotografías, simulaciones por ordenador y otras actuaciones informáticas que permitan hacer un esbozo del nuevo escenario y sus características con el detalle suficiente para evaluarlo, y sugerir la tomar decisiones adecuadas para su corrección.

Una segunda etapa es evaluar la escala, por ejemplo de la nueva repoblación y hacerla consistente con el tipo del paisaje. El objetivo de esta etapa es la búsqueda de un equilibrio entre las masas forestales y los espacios abiertos. De forma general se puede encontrar dos situaciones características según el elemento visualmente dominante.

En los paisajes donde la estructura de los usos del suelo, setos, heterogeneidad de formas, cursos de agua, presencia de árboles o arbustos, es dominante las nuevas plantaciones deberán adecuarse a este sistema y realzar su fuerza visual.

En otros tipos de paisajes donde la morfología del terreno es la dominante visual, en ellos deberá atenderse a la relación existente entre las nuevas plantaciones y las características morfológicas visualmente dominantes.

Por ejemplo, la utilización de distintas especies forestales aumenta la diversidad de la nueva plantación y facilita su integración paisajística, sin embargo, la forma en como se hace la mezcla entre las distintas especies puede artificialidad en exceso la nueva masa forestal. Las mezclas en línea o en bandas, incluso cuando se siguen curvas de nivel, proporcionan un carácter muy artificial.

Es preferible la inserción de bosques variando su forma y tamaño, de una especie, o de una mezcla de especies, en la matriz formada por la especie principal. El incremento de la

---

<sup>39</sup> Otros condicionantes del paisaje se definen en la ilustración 1.14

diversidad estructural, mediante la apertura de claros y la incorporación de estratos sub arbustivos, la eliminación de límites rectos y geométricos, la incorporación de franjas de vegetación en transición desde los espacios abiertos a los espacios arbolados son técnicas que ayudan a integrar las repoblaciones en su entorno visual.

## J) LA ORDENACIÓN Y GESTIÓN DE ESPACIOS

Asumiendo que el paisaje es un condicionante más en la gestión de los proyectos, es necesario que la persona responsable del proyecto tenga conocimientos técnicos y ambientales del mismo, de su importancia en la valoración, establecimiento de la calidad o de las técnicas de diseño. Es preciso señalar que la ordenación clásica, tal como se concibe actualmente, no crea ni diseña propiamente paisajes sino que con la práctica de una determinada actividad modifica con mayor o menor intensidad un determinado paisaje al intervenir en uno o más, por efecto indirecto, de sus componentes pudiendo transformar el paisaje existente.

En consecuencia, se habla de técnicas que pueden ser efectivas en la ordenación del paisaje para mejorar sobre el que se interviene. Tales técnicas de diseño conciernen al manejo de la línea, la forma, la escala y la distribución espacial o temporal de las unidades de corta. Cualquier plan de gestión de una zona paisajista destina parte de la superficie, lo que se podría denominar genéricamente grupo de regeneración, a renovar la masa mediante la aplicación de un determinado tratamiento de cortas de regeneración.

Asociado al método de ordenación, y dependiendo del tipo de función preferente que se quiera dar, esta regeneración del espacio paisajístico tendrá un tamaño determinado, una distribución espacial concreta, por ejemplo abierto o cerrado y unos cuidados específicos según las técnicas que se diseñen en su ejecución.

La cota de regeneración es el factor que más altera el paisaje al quedar una zona desprovista de vegetación o variar intensamente la espesura de una zona concreta durante un intervalo de tiempo más o menos prolongado.

Por lo tanto al surgir el contraste se capta la atención del observador, como los contrastes de líneas y de color en la cubierta arbórea y el suelo, de textura con la variación de luz y sombra sobre la superficie y de formas con la figura y contorno de las unidades.

La importancia de estos contrastes, que alteran visiblemente el paisaje inicial, dependerá fundamentalmente del tamaño y tipo de tratamiento aplicado a la unidad de corta, de su posición relativa con respecto a la visibilidad del observador, de su perdurabilidad y del paisaje circundante.

Las características de este grupo de regeneración vienen asociadas a un determinado método de ordenación, que a su vez está condicionado por los objetivos asignados a la gestión del espacio forestal.

La cuestión que se plantea ante la elección de un determinado método de ordenación es el tipo de estructura regular o irregular más conveniente que satisfaga plenamente los objetivos

de la gestión siendo compatible con el temperamento de las especies objeto de tratamiento. Las mayores diferencias entre las estructuras regular e irregular se refieren básicamente al grado o nivel del cambio ecológico y visual que se podría añadir.

Los métodos de ordenación asociados a cada uno de ellos, pertenecen a un mismo *continuo* en donde las diferencias quedan marcadas por la intensidad en el tiempo y fundamentalmente en el espacio con que el efecto de la masa residual se elimina de la superficie objeto de la corta, y simultáneamente, el contraste visual que tal alteración paisajística provoca.

En la minería, eludir los contrastes no deseados debe ser una meta del gestor de espacios mineros supeditando su actuación a minimizarlos de acuerdo con los objetivos de calidad visual que, a su vez vendrían condicionados por las funciones preferentes asignadas en el trabajo.

#### K) LOS COMPONENTES DEL PAISAJE VISUAL

Un paisaje tiene un número ilimitado de escenas, y cada escena es una vista determinada parcial o total del paisaje. Cada escena del paisaje está definida por seis elementos básicos de visualización, los colores, las texturas, las formas, las líneas, la escala y el espacio. Todas estas características se denominan elementos visuales del paisaje, y están subdivididos en propiedades de superficie, elementos formales y de composición.

A continuación se hace una referencia a las características visuales más importantes del paisaje y algunas pautas de su uso en las escenas<sup>40</sup>:

Propiedades de superficie del paisaje definidas por:

- los colores y los matices de tinte, tono y brillo
- la textura del color y definida por el tamaño de grano, la densidad, la regularidad y el contraste interno
- la textura de las formas y definida por el tamaño de grano, la densidad, la regularidad y el contraste interno

El color es un elemento muy popular y de fácil asimilación por el observador. El tinte es el color propiamente dicho. El tono es la intensidad de la energía reflejada. El brillo depende de la menor o mayor dispersión de la luz reflejada. Los puntos brillantes atraen al espectador. La textura son pequeñas formas o mezclas de color en pautas superficiales continuas. La superficie de un paisaje no es del todo lisa, homogénea y regular. La textura de color es el contraste de una superficie pequeña con relación a una masa completa. La textura de grano, *rugosidad*, es el efecto de la luz y sombra creado sobre una superficie.

Elementos formales del paisaje definidos por:

---

<sup>40</sup> CEDEX,1998

- las líneas como bandas, límites, bordes y siluetas caracterizadas por la nitidez, complejidad y orientación
- las formas bidimensionales y tridimensionales caracterizadas por la geometría, complejidad y orientación

La línea es el camino real o imaginario de un paisaje que recorre el ojo cuando se perciben diferencias bruscas en los volúmenes, color, textura o cuando están objetos alineados en una secuencia unidimensional. Las orientaciones verticales de las líneas suelen destacarse sobre otras direcciones. La forma es la extensión delimitada por el contorno superficial del objeto con un sentido unitario. El color y la textura es una información óptica de la imagen pero la línea y forma requieren de una interpretación psicológica del observador. Las formas sólidas, puras, regulares y simples tienen dominancia sobre las complejas, heterogéneas o ligeras

Elementos de composición del paisaje definidos por:

- el espacio caracterizado por la composición y fondo escénico, y la localización de unidades
- la escala absoluta o relativa que define el dominio del campo visual y la ocupación.

La escala es la relación existente entre las dimensiones del paisaje. El espacio es la forma en que se percibe el espacio y sus características, está asociada a la posición del observador. Es la conclusión de todos los elementos visuales y es el resumen integrado que da la composición escénica.

El análisis de los distintos elementos visuales incide hasta seis veces, uno por elemento, en los contenidos ambientales del paisaje. Como conclusión los elementos visuales dominantes del paisaje son principalmente tintes cálidos, tonos claros, grosor en la rugosidad del grano, nitidez y solidez en las formas y líneas, verticalidad y escalas contrastadas. El relieve surge del análisis de las líneas, silueta del horizonte, y de las texturas, rugosidad de sus roquedos, colores, tonos y tintes de las rocas, formas, morfología, escalas, dimensiones de las laderas y las lomas, y el espacio, ordenación del terreno.

#### L) LA SINTESIS DEL PAISAJE VISUAL

Con la información obtenida en un proceso de visualización del paisaje, se elabora un documento de síntesis conteniendo el diagnóstico del paisaje previo del proyecto. Es recomendable que este documento de síntesis sea lo más explicativo posible para dar las pautas y las condiciones reales y de forma completa al experto evaluador del paisaje en el proyecto.

El documento debe contener principalmente:

- a) Definición de la calidad de los elementos visuales de la zona
- b) Definición de la fragilidad paisajista de la zona
- c) Los factores perceptivos más importantes a considerar

- d) Los factores histórico culturales existentes
- e) La aptitud de absorción del proyecto
- f) La capacidad de respuesta del medio físico
- g) La accesibilidad a la observación de la zona (potencial y visual)
- h) Los factores biofísicos: densidad de vegetación, estacionalidad de la vegetación, enmascaramiento, contraste cromático, pendientes, zonas de sombra, alargamiento de formas entre otros factores
- i) Los factores de visualización de la zona
- j) Definición del alcance de las vistas (distancias, altura)
- k) Análisis de la pérdida de nitidez en las vistas
- l) Definición de ángulos de incidencia visual
- m) Definición de la intrusión visual
- n) Definición del contraste visual
- o) Definición de la dominancia visual

Con esta recopilación de información sobre la visualización del paisaje<sup>41</sup>, he definido los elementos externos principales que intervienen en el proceso de valoración paisajística en los proyectos, a continuación detallaré los elementos internos que lo diseñan.

### 1.4.3 LOS CONDICIONANTES DE FRAGILIDAD DEL PAISAJE

El termino genérico *paisaje* es una variable dinámica del medioambiente, que está en constantes cambios y modificaciones producto de las actividades y modificaciones que se desarrollan con los elementos que lo componen; como son las actividades relacionadas con los factores ambientales directos o del primer nivel como el suelo, la vegetación, la atmosfera, los recursos hídricos y otras funciones relacionadas con el medioambiente que son las que diseñan la plataforma base en la que se describirá un paisaje tipo.

Otras actividades más complejas en su evaluación ambiental son las relacionadas con el segundo nivel del paisaje o criptosistema<sup>42</sup>, que constituyen los complementos indirectos del paisaje y sirven para rediseñan esta estructura inicial, como son los factores de consumo ambiental, la renta, el empleo, las tradiciones y costumbres, la salud, la seguridad y otras actuaciones ligadas al entorno que determinan la calidad de vida del hombre.

Esta calidad de vida, responde a tres parámetros esenciales, el nivel socioeconómico, las condiciones de vida y trabajo denominado el bienestar social, y la calidad ambiental del entorno que va a determinar la conservación del patrimonio ambiental (Conesa, 2010).

Las interrelaciones de todos estos elementos ambientales y socioeconómicos constituyen el grupo conocido como los condicionantes internos de la fragilidad del paisaje, que lo definen

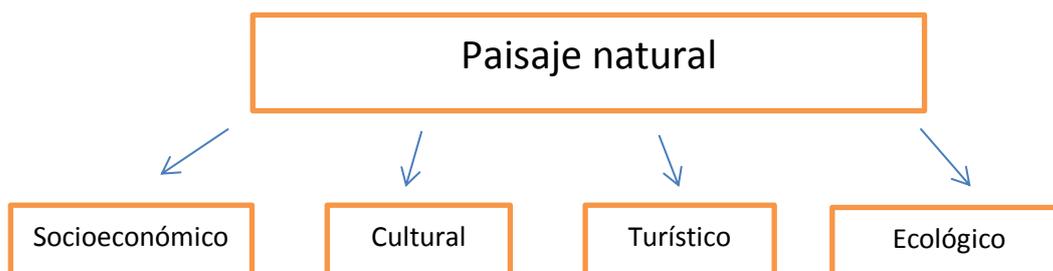
---

<sup>41</sup> Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. Instituto Tecnológico Geominero, 1989

<sup>42</sup> Sistema oculto complementario del fenosistema que actúa movido por fuentes de energía o fuerzas internas del hombre. Paloma Ibarra B. Universidad de Zaragoza.

como una forma tipo particular, única y exclusiva en el diseño de la estructura paisajista, por esta razón no existe dos paisajes iguales, únicamente son similares.

Por su funcionalidad, todo paisaje tiene un origen natural, construido con los condicionantes de fragilidad de primer nivel como el suelo o la vegetación entre otros, el cual es derivado a diferentes estamentos por la modificación de estas condiciones iniciales. La transformación del paisaje natural en otros estados, es producto de las actuaciones sobre la fragilidad en los factores paisajísticos.



1.52 La transformación del paisaje

Todo paisaje tipo está dividido en cuatro grupos básicos:

- 1) Natural
- 2) Socioeconómico
- 3) Turístico y cultural
- 4) Ecológico

Esta división del paisaje en cuatro tipos está basada en la función que cumplen sus condicionantes internos del paisaje que lo diseñan, según los impactos que se generen en él, sean alteraciones, nulos o mejoras, adversos o variables. La valoración ambiental de las unidades de síntesis del paisaje que hace Gómez Orea<sup>43</sup> expresan los méritos de conservación desde el punto de vista ecológico, productivo, paisajístico y científico cultural pero el fundamento de la clasificación es similar.

Primero definiré la mecánica de transformación tipo del paisaje:

El aspecto natural de un paisaje lo define su estado original permaneciendo en este estado cuando no se realiza ninguna actividad humana sobre él. El origen de todo paisaje es un estado natural y su impacto ambiental ideal es nulo.

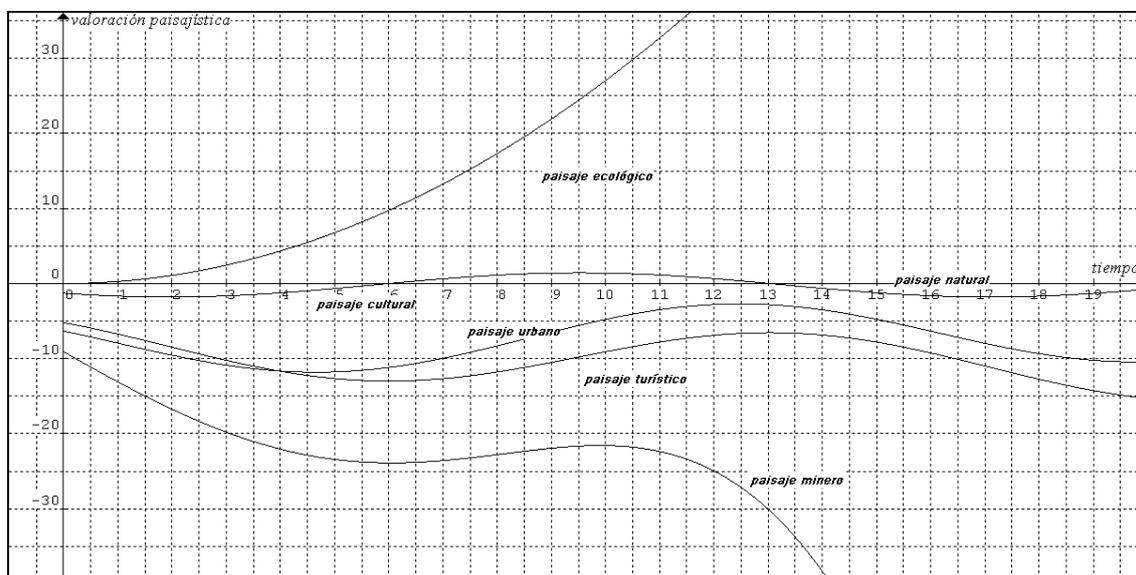
La definición del condicionante socioeconómico es donde un paisaje natural ha sufrido una transformación o modificación por actividades o acciones sociales y económicas que son las que realizamos usualmente en el medioambiente. En este apartado están comprendidos los paisajes urbanos, industriales, mineros o los espaciales entre otros.

<sup>43</sup> Gómez Orea, 1994

Los impactos generados son variados según las características de las acciones desarrolladas, determinadas por el signo, la magnitud, la extensión y permanencia de la actividad; pero dentro de estas actividades socioeconómicas, la actividad minera es la que genera mayores impactos paisajísticos de difícil recuperación ambiental, por lo que se tiene que recurrir a acciones complementarias en el proceso de rehabilitación.

En menor grado se realizan modificaciones del paisaje por las actividades turísticas, urbanas y culturales, aunque las actividades turísticas son las más agresivas y causan mayor impacto ambiental o paisajístico, y las actividades culturales, son más respetuosas con el medioambiente.

A continuación, se hace una valoración paisajística de estas actividades y cómo influyen en el medioambiente:



1.53 La escala de modificación del paisaje

Por último, las actividades ecológicas, son generalmente intervenciones humanas de preservación del medioambiente, con acciones, por ejemplo, de mejora en el paisaje que usualmente causan impactos beneficiosos de bienestar, o favorables en el entorno ambiental, y muy raramente perjudiciales según sea el criterio de valoración.

En un inicio de la valoración del paisaje, Mc Harg en 1969<sup>44</sup> se propuso el estudio de las variables ecológicas y las características de calidad ambiental que intervienen en el proceso de modificación del paisaje.

Estos parámetros de valoración de factores medioambientales definidos por el autor, establecen la importancia relativa que se presentan en las distintas formas del paisaje que observamos:

<sup>44</sup> Desing With nature

FACTORES ECOLÓGICOS	CARACTERÍSTICAS
Clima	Inundaciones periódicas
Geología	Condiciones de formación del basamento
Fisiografía	Drenaje superficial
	Pendientes
	Características del suelo y el agua en el valor escénico
Hidrología	Protección de la calidad de vertientes
	Acuíferos
Edafología	Drenaje de suelo y erosión
	Condiciones de formación de basamento
Vegetación	Tipos forestales existentes
Usos del suelo	Características de valor escénico
	Características de valor histórico
	Recursos recreativos potenciales o existentes

#### 1.54 Variables ecológicas de modificación del paisaje

Teniendo en cuenta estos conceptos en la investigación de una muestra de paisajes tipo, se pueden establecer unos parámetros estándares en la mayoría de paisajes analizados, que se pueden identificar, principalmente, como puntos y formas en común definidos como los condicionantes del paisaje.

Todo proyecto puede ser evaluado y valorado ambientalmente por su paisaje, según los condicionantes de fragilidad en el paisaje mediante una función matemática que represente todas sus variables y en todo el tiempo de explotación del proyecto. Por consiguiente puede también valorarse en términos de productividad y resultados, que es una propuesta para desarrollar en futuros estudios.

Estos condicionantes de fragilidad del paisaje son valorados con criterios de ganancia o pérdida en la calidad del entorno ambiental; definida como parámetros de productividad ambiental o consumo ambiental, y reflejados en los diagramas de valoración de la investigación.

En una definición a criterio del investigador, de la teoría estudiada, los condicionantes de fragilidad del paisaje que conforman la estructura la cual puede ser evaluable para identificar y valorar las acciones ejecutadas o por desarrollar, y los impactos generados en el paisaje, como el rango de transformación al cual pertenece, pueden ser los siguientes:

- 1) Los recursos hídricos
- 2) La calidad del agua
- 3) El suelo subterráneo
- 4) El aire atmosférico
- 5) La erosión superficial
- 6) La inestabilidad de masas y volúmenes
- 7) Los cambios geomorfológicos
- 8) Los movimientos de masas
- 9) La fauna y seres vivos
- 10) La flora y vegetación
- 11) La cobertura de pastos
- 12) La cobertura de bosques y matorrales
- 13) La estabilidad de ecosistemas
- 14) La calidad en la visibilidad del paisaje
- 15) Los puntos de interés
- 16) La salud e higiene de la población
- 17) La seguridad de la población
- 18) Las tradiciones y costumbres
- 19) La capacidad de uso agrícola
- 20) La capacidad de uso urbano
- 21) La capacidad de uso industrial
- 22) La renta
- 23) El empleo
- 24) El consumo ambiental

Esta identificación y análisis se desarrolló sobre una muestra de 100 paisajes distintos en una secuencia de azar. Con estos parámetros se puede definir en gran medida un paisaje tipo aunque queda un espacio mínimo sin determinar llamado grupo de condicionantes que adornan indirectamente el paisaje.

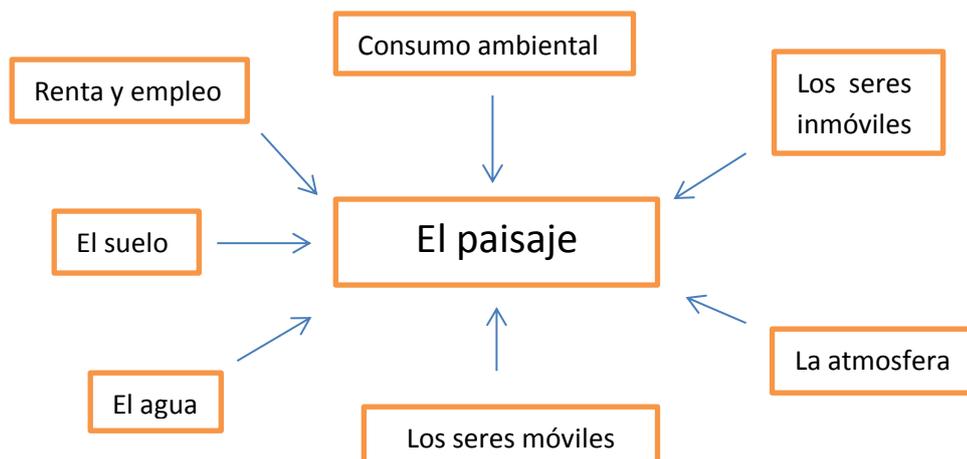
Generalmente un paisaje está definido por los condicionantes individuales, pero que es la combinación de estos estados y funciones de tipos y formas lo que determina el mayor porcentaje de la actividad o función que se desarrolle en el área de estudio. Por este motivo se puede decir que estos condicionantes pueden dividirse en dos categorías básicas:

- Por caracteres físicos del medio físico y biótico
- Por rasgos humanos de transformación en producción y consumo

El paisaje es una agrupación de elementos físicos del medio físico, de los rasgos físicos del medio biótico y de la huella transformadora del hombre como lo define Conesa (2010). Estas

características están representadas en la siguiente ilustración como las fuerzas externas que interactúan en la capacidad de modificación de un paisaje de forma directa o indirecta, y que están incluidas en la lista de los condicionantes.

Una variable puede definir a uno o varios condicionantes de fragilidad del paisaje y también su posterior evaluación paisajística de un proyecto.



1.55 Los caracteres físicos y la huella de transformación del paisaje

Todo proyecto o actividad humana actúa sobre estos condicionantes del paisaje modificando los aspectos de la biodiversidad, bienes materiales, culturales y socioeconómicos, de una u otra forma y con características e intensidades particulares, que determinan el carácter físico y su transformación.

El análisis de la funcionalidad y riesgos ambientales de los condicionantes de fragilidad y la mecánica que se sigue para considerarlos como indicador de valoración que deben de representar la calidad del paisaje en el momento de la evaluación, para responder a las exigencias del proyecto evaluado, es el siguiente:

- 1) Los recursos hídricos. El elemento agua es imprescindible para la vida y en la valoración de la riqueza de los contenidos del paisaje. Un paisaje suele ser más rico en sus contenidos, en la vegetación o en seres vivos cuanto el volumen del sistema agua está más presente en el medioambiente, sea esta superficial o subterránea, y la valoración del sistema es más completa. El riesgo en el paisaje que se puede presentar es por una variación del volumen hídrico con el desarrollo de las actividades humanas.
- 2) La calidad del agua. Su condición y estado mejora y atrae a elementos del paisaje como la fauna y seres vivos en general. La valoración paisajística es mayor cuando la calidad es óptima y decrece el valor con aguas contaminadas, que constituye el principal riesgo ambiental y paisajístico.

- 3) El suelo subterráneo. La riqueza en la calidad interna del suelo genera vida aumentando los contenidos en el paisaje y la estabilidad del ecosistema mejora, incrementándose la valoración paisajística en general. El riesgo ambiental se presenta por contaminación de los suelos subterráneos.
- 4) El aire atmosférico. Es un parámetro importante a evaluar en un paisaje porque determina directamente los efectos y modificaciones externas para la visualización e iluminación, por ejemplo sombras u oscuridades que se pueden presentar en el entorno, e indirectamente las alteraciones que pueden producirse por efectos adversos, como una explosión minera. Además es el elemento aglutinador de los contenidos del paisaje como la fauna voladora, el ruido o del entorno inerte del aire. El valor de un paisaje se incrementa al mejorar la calidad del entorno atmosférico y disminuye el riesgo de inestabilidad del sistema medioambiental.
- 5) La erosión del suelo. Determina un factor importante de la calidad del sistema suelo en el paisaje. Un paisaje pobre en la evaluación en contenidos paisajísticos o en la calidad ambiental con alto riesgo puede ser el paisaje desértico con una alta capacidad erosiva y pobre en contenidos.
- 6) La inestabilidad de masas y volúmenes. Estas variable ambiental deben ser evaluada y valorada en el sistema paisajístico con el objetivo de conseguir un paisaje bien consolidado con contenidos fijos y estables, sino el paisaje va perdiendo valor según las alteraciones producidas por el riesgo del efecto de inestabilidad que pueden provocar la posterior destrucción de masas por derrumbes y otros fenómenos naturales.
- 7) Los cambios geomorfológicos. Pueden aumentar o disminuir el valor de un paisaje según sea la función que representa esta modificación en las formas del entorno. Por ejemplo la apertura de un socavón minero produce una pérdida de valor en contenidos en el paisaje y el consiguiente impacto paisajístico negativo.
- 8) Los movimientos de masas. Abarca a todo elemento considerado como *una masa* o una agrupación ambiental, su movimiento y traslado a otra posición. Se incluyen las diversas formas de la geo como el sistema animal, vegetal y mineral, agrupaciones de seres vivos, poblaciones móviles e inmóviles.
- 9) La fauna y seres vivos. Contribuye al mecanismo de variación temporal de la calidad del paisaje, pero en un grado mínimo por ser de carácter estacional, con la movilidad y desplazamiento de los elementos que limita el incremento del valor de su contenido en el tiempo.
- 10) La flora y la vegetación. Contribuye en gran medida a la variación del valor paisajístico por tener, su contenido, un carácter permanente en la valoración de la calidad del paisaje. El riesgo paisajístico se puede presentar por la variación o eliminación de las especies en la vegetación por la actuación.

- 11) La cobertura de pastos. El grado de espacio ocupado por pastizales define en gran medida la función que cumple en el paisaje, sobretodo en el paisaje natural, y determina un indicador de capacidad económica y pérdida de valor al modificarse el área de cobertura.
- 12) La cobertura de bosques y matorrales. Como el apartado anterior este condicionante ambiental define la función del paisaje en gran medida para ser considerado un paisaje natural, y su indicador es la variación del valor por modificación del espacio.
- 13) La estabilidad del ecosistema. Los ecosistemas mantienen su estabilidad por las interacciones que se desarrollan en su interior y es producto de la diversidad de los organismos que realizan determinadas funciones para la conservación del sistema en equilibrio. Con la pérdida de biodiversidad estará más expuesto a la pérdida de hábitats y modificación de valores en los procesos paisajísticos. Los indicadores del riesgo pueden ser la densidad de micronutrientes, hongos o especies microscópicas que se encuentran en el ecosistema.
- 14) La calidad en la visibilidad. Las acciones de un proyecto pueden generar alteraciones en la visibilidad del observador con el impacto visual producido, por ejemplo, por el polvo, la niebla o las oscuridades que se desarrollan. La disminución de esta calidad visual de los contenidos del paisaje puede reflejarse en su valoración como una pérdida del valor del paisaje con un indicador del grado de opacidad o nitidez de las vistas y que puede ser temporal o permanente.
- 15) El tamaño, amplitud y puntos de interés del paisaje. Este parámetro está ligado directamente a la observación de la zona, del suelo, la inestabilidad de masas y los cambios geomorfológicos que se producen por el proyecto. El tamaño y la amplitud definen una observación básica del paisaje, y los puntos de interés la forma como y donde puede dirigirse, enfocarse y limitarse esa observación del paisaje. El indicador es el área de observación.
- 16) La salud e higiene de la población. La función de modificación del paisaje que cumple este parámetro es la de evaluar la capacidad socioeconómica existente y la modificación de los valores que se produce con el desarrollo del proyecto. Un paisaje se deteriora indirectamente y entra en riesgo al empeorar la salud de la población. Se considera como una función oculta; los indicadores de este parámetro son los gastos y costos reales producidos por enfermedades, ausencias laborales, farmacia y merma en la población.
- 17) La seguridad. Este parámetro se ve modificado por la aparición de pautas de comportamiento que pueden afectar a la propiedad y la destrucción de contenidos en los sistemas del paisaje, rural, urbano, cultural u otros. Como el parámetro anterior tiene una función oculta y un indicador directo puede ser el valor de los daños generados.
- 18) Las tradiciones y costumbres. Las actividades de un proyecto productivo generan cambios en las pautas o valores arquitectónicos y bienes culturales en las tradiciones y costumbres de la población, como la transculturización o el riesgo del cambio y la aceptación de

nuevos conceptos de vida, lo que muchas veces genera pérdidas en la valoración de este parámetro. Se puede valorar como un indicador ambiental los gastos que ocasionan la pérdida de tradiciones y costumbres, y el gasto por las nuevas.

- 19) La capacidad de los suelos para el uso agrícola y ganadero es la actividad económica principal que varía generalmente con la implantación de un proyecto. Como indicador puede tomarse la variación de la valoración por cambios en la producción ganadera o agrícola por cultivos.
- 20) La capacidad urbana. La variación de este parámetro puede ser afectado por acciones que se desarrollan en el proyecto, por ejemplo la invasión de zonas urbanas en la construcción, además deteriora el sostenimiento del hábitat. El indicador paisajístico utilizado para medir puede ser la variación en la valoración de las áreas utilizadas.
- 21) La capacidad industrial. Como el condicionante paisajístico anterior la capacidad de los terrenos destinados al uso industrial se ve favorecida por el proyecto pero limitada por parámetros como la localización óptima. Un indicador de valoración puede ser el incremento de área productiva en la zona de estudio.
- 22) La renta per cápita. Es el factor más significativo que representa los datos económicos y bienes materiales de producción y consumo de un proyecto paisajístico. También es considerado como una función oculta e indirecta de modificación del paisaje. La población ve afectada su capacidad de manera favorable por la actividad pero puede estar limitada por recortes en otros ingresos como la actividad ganadera o agrícola de la zona, generando cambios en el paisaje productivo. El indicador es la variación global de las rentas en el área de estudio.
- 23) El empleo. Este parámetro está ligado a la capacidad de la renta per cápita, y el indicador se calcula por la renta global dividida entre la renta per cápita. Como el parámetro de la renta es una función oculta en la modificación del paisaje y está recogido dentro del apartado del bienestar social que contribuye al mejoramiento de un paisaje como lo define Conesa (2010). El mayor riesgo es la pérdida de puestos de trabajo con un consiguiente deterioro general.
- 24) El consumo ambiental. Este parámetro está referido a los residuos sólidos generados por el proyecto, la valoración en la intensidad, el grado y forma del consumo, su calidad ambiental, la explotación de recursos que producen residuos y que pueden ocasionar variaciones en el paisaje por el agotamiento de los recursos naturales o por creación de nuevos escenarios como los basureros que alteran el proceso de observación. Un indicador puede ser el incremento del factor costo-volumen de la basura producida o del número de envases en la zona de estudio.

Con estas referencias de los condicionantes paisajísticos se explica el criterio observado y analizado para incluirlos en la lista de factores modificadores del paisaje, que de forma directa

o indirecta pueden variar la valoración de una escena que la definiré como *la valoración paisajística*.

El inicio del proceso de predicción de la valoración paisajística parte de obtener un valor cuando no se realiza la acción del proyecto que generalmente es nulo, por este motivo se inician las evaluaciones de partida en situación ideal de origen en el diagrama y varía el valor según los valores de los condicionantes en la etapa de ejecución del proyecto, la predicción radica en los valores de calidad que alcanzará el indicador con el proyecto.

En la siguiente tabla, se analizan los condicionantes de fragilidad versus la funcionalidad del paisaje en una muestra obtenida al azar. La evaluación visual de los cuatro tipos básicos del paisaje, natural, socioeconómico, turístico y cultural, y ecológico, se realizó valorando la totalidad de los condicionantes de fragilidad expuestos anteriormente, que marcan el patrón común en el tipo de paisaje:

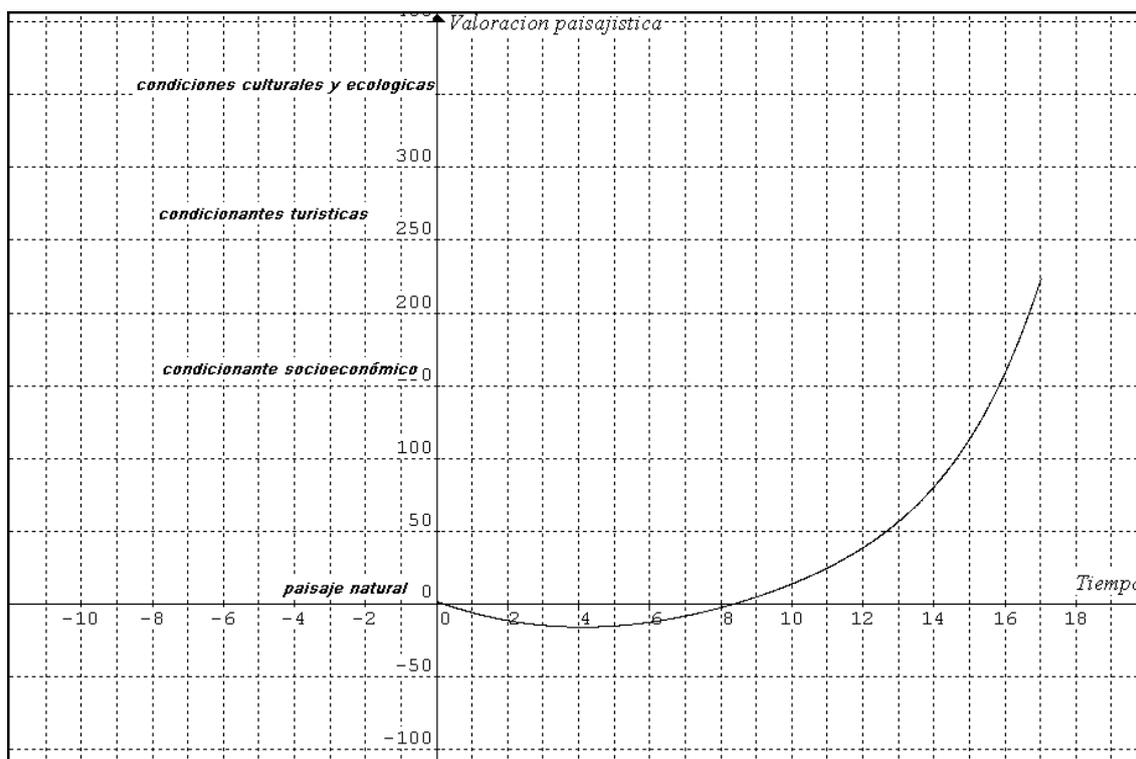
Condicionantes del paisaje	Natural	Socioeconómico	Turístico Y cultural	Ecológico
Los recursos hídricos	X	X	X	X
La calidad del agua	X	X	X	X
El suelo subterráneo	X	X	X	X
El aire atmosférico		X		
La erosión superficial del suelo	X	X	X	X
La inestabilidad de ladera	X	X	X	X
Cambios geomorfológicos	X	X	X	X
Los movimientos de masa	X	X	X	X
Las especies de fauna	X		X	X
Las especies de flora	X		X	X
La cobertura de pastos	X		X	X
La cobertura de bosques y matorrales	X		X	X
La estabilidad de ecosistemas	X		X	X
La calidad en la visibilidad del paisaje	X	X	X	X
Los puntos de interés	X	X	X	X
La salud e higiene de la población		X	X	
La seguridad de la población		X	X	
Las tradiciones y costumbres		X	X	
La capacidad de uso agrícola		X		
La capacidad de uso urbano		X	X	
La capacidad de uso industrial		X	X	
La renta		X	X	
El empleo		X	X	
El consumo ambiental		X	X	

#### 1.56 Análisis de los condicionantes del paisaje

Estos condicionantes del paisaje, son los factores que serán evaluados para determinar el posterior grado de variación que se produce por la actuación, y la forma como se genera el impacto paisajístico por la acción del proyecto. Por este motivo es importante que el experto defina unos indicadores cuantificables y de fácil interpretación para las actividades que se desarrollan con el fin de valorar y poder predecir el impacto global que pueden generar en el sistema paisajístico del proyecto.

Un paisaje, es mejor apreciado por el observador, cuando sus condicionantes presentan impactos positivos, aunque sean ocasionalmente temporales. La escala de valoración se inicia con los paisajes naturales concluyendo con paisajes culturales o los ecológicos, con la valoración intermedia en paisajes de condicionantes socioeconómicos o turísticos. El efecto de bienestar que transmiten está relacionado directamente con el impacto producido.

En la siguiente ilustración, se representa un paisaje natural con condicionantes de fragilidad de características pobres, con un impacto nulo en el origen y de trayectoria negativa temporal. Los impactos generados van mejorando la valoración ambiental o paisajista, según los condicionantes que se vayan incorporando al sistema.



1.57 La introducción de condicionantes el paisaje

Esta dinámica de valoración de los impactos sobre los condicionantes de fragilidad del paisaje puede contribuir a enriquecer paisajes degradados por actividades productivas, y ayudar a vigilar el factor de sostenibilidad ambiental en la trayectoria del proyecto.

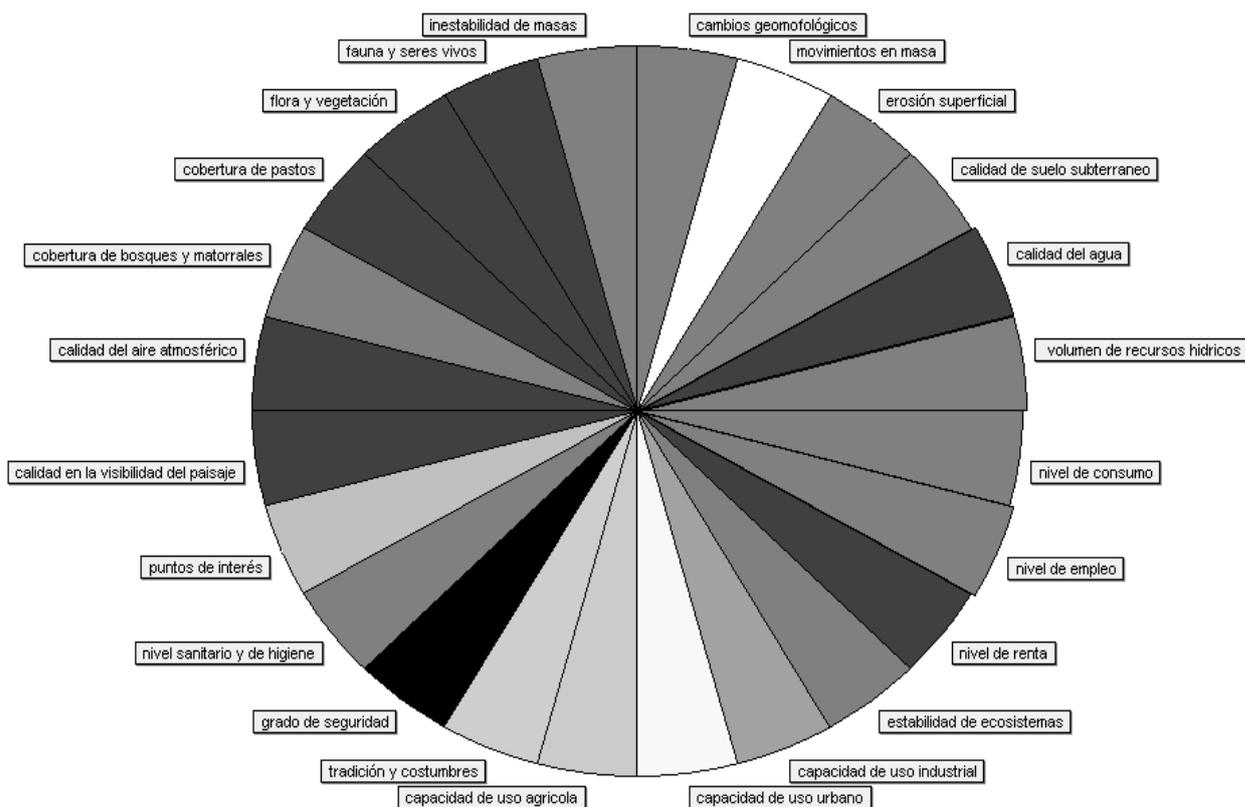
## LA COMPOSICIÓN DE LOS CONDICIONANTES EN EL PAISAJE

Los condicionantes de fragilidad están divididos según las funciones que desempeñan en sistema paisajístico. Estas funciones constituyen el aspecto que desarrollan en el paisaje, pueden ser funciones físicas o funciones socioeconómicas.

Las funciones físicas están relacionadas principalmente con el estado original del paisaje, el agua, el suelo, la fauna, la flora, los bosques y la atmosfera, y las funciones socioeconómicas son las que se desarrollan por la acción humana en el sistema físico como los agentes de renta y empleo, o el factor del consumo ambiental con los residuos generados.

También es importante fijar el peso que tendrán cada uno de estos condicionantes para evaluar en la valoración del paisaje, lo que determinará el predominio del tipo de paisaje que representa, el porcentaje relativo (%) que tienen unos condicionantes sobre otros por la importancia que representan, sea esta política o por intereses particulares.

La asignación de pesos en los condicionantes es algo muy subjetivo, tiene un componente intrínseco, lo que es, y extrínseco por preferencias de la decisión, pero en este trabajo de investigación el peso asignado a los componentes del paisaje será igual para todos ellos



1.58 El peso relativo de los condicionantes del paisaje

Todos los condicionantes tienen el mismo peso relativo en la valoración paisajística, lo que indica que todos los parámetros de evaluación en el paisaje tienen la misma importancia independientemente de las preferencias por los usos particulares que se quiera otorgar al paisaje. Un ejemplo de este mecanismo, es el igual peso relativo que se otorga al componente de la calidad de agua y el grado de seguridad existente en la zona, en la valoración; ambos condicionantes hacen variar el valor de calidad ambiental que se presenta.

La importancia de cada condicionante en un paisaje determinado puede ser modificada de acuerdo a requerimientos e intereses particulares. Es así, en un paisaje selvático tendrá mayor importancia la masa vegetal sobre la calidad del agua o la forma del terreno; por lo contrario en un paisaje urbano esta calidad del agua tendrá mayor importancia sobre la masa vegetal.

En la siguiente tabla se presenta una clasificación estándar de los condicionantes de fragilidad del paisaje y su peso relativo dentro de lo que puede denominar el *sistema paisajista*, obtenido en el análisis de la muestra realizada en los paisajes.

#	Condicionantes del paisaje estándar	Sistemas al que pertenecen	Indicador	peso	% <sup>45</sup>
1	Volumen de recursos hídricos	subsistema agua	\$/m3	1	8
2	Calidad del agua	Subsistema agua	\$/m3	1	
3	Calidad de suelo subterráneo	Subsistema suelo	\$/m2	1	2
4	Erosión superficial	Subsistema suelo	\$/m2	1	
5	Movimientos en masa	Subsistema suelo	\$/ton	1	
6	Cambios geomorfológicos	Subsistema suelo	\$/ton	1	
7	Inestabilidad de laderas	Subsistema suelo	Coeficiente	1	
8	Cantidad de fauna y seres vivos	Subsistema seres vivos	\$(costo)	1	8
9	Estabilidad de ecosistemas	Subsistema seres vivos	\$/densidad	1	
10	Cantidad de flora	Subsistema vegetal	\$/m3	1	1
11	Cobertura de pastos	Subsistema vegetal	\$/m2	1	2,
12	Cobertura de bosques y matorrales	Subsistema vegetal	\$/m2	1	5
13	Calidad del aire atmosférico	Subsistema atmosfera	\$/m3	1	8
14	Calidad en la visibilidad del paisaje	Subsistema atmosfera	Coeficiente	1	
15	Tamaño y puntos de interés	Subsistema social	\$/m2	1	1
16	Nivel sanitario y de higiene	Subsistema social	\$(gasto)	1	
17	Grado de seguridad	Subsistema social	\$(gasto)	1	
18	Niveles de tradición y costumbres	Subsistema social	\$(nuevas)	1	5
19	Capacidad de uso agrícola	Subsistema económico	\$/produc.	1	
20	Capacidad de uso urbano	Subsistema económico	\$/m2	1	2
21	Capacidad de uso industrial	Subsistema económico	\$/hw	1	
22	Nivel de renta	Subsistema económico	\$/salario	1	
23	Nivel de inmigración y empleo	Subsistema económico	Coeficiente	1	
24	Nivel de consumo	Subsistema económico	\$/basuras	1	

### 1.59 El análisis de la muestra de los paisajes tipo

<sup>45</sup> Peso relativo del subsistema en un paisaje estándar

En el análisis de la muestra de paisajes con condicionantes de fragilidad que se representa en la tabla, el sistema físico representa al 58,5% en los parámetros evaluados y el sistema socioeconómico un 41,5% de la valoración total de la muestra, lo que indica la importancia de los aspectos originales del paisaje como son el agua, el suelo, la vegetación y otros, tienen cierto predominio sobre los parámetros sociales o económicos que se realizan en la modificación del paisaje de la muestra analizada.

#### **1.4.4 LAS FORMAS DE VALORACIÓN DEL PAISAJE**

Si se toma en cuenta la afirmación “la belleza del paisaje radica en sus componentes, es decir, es un atributo físico del paisaje”, el análisis y el valor de los elementos que lo integran nos daría como resultado una valoración exacta de la calidad del paisaje existente; sin embargo la belleza depende, en gran medida, tanto del observador como de lo observado, y de las circunstancias que rodean a la observación practicada.

En función a los criterios definidos de la calidad intrínseca del paisaje, de la respuesta estética y de la adjudicación del valor, la valoración de la calidad es abordada por diversas técnicas y formas, por expertos profesionales y encargados de la evaluación del paisaje, lo que ha dado lugar a diversos métodos de valoración.

Diversos autores definen variadas metodologías para la valoración del paisaje. Los principales métodos de valoración del paisaje se dividen en:

- ✓ Métodos directos
- ✓ Métodos indirectos

En los métodos directos se realiza a partir de la contemplación de la totalidad del paisaje o algún tipo se sustituye como fotografías, películas o dibujos en una única operación. Pero nos encontramos con la problemática de la subjetividad de tales valoraciones. Para tratar esta subjetividad se han definido cuatro formas de valoración:

- subjetividad aceptada
- subjetividad controlada
- subjetividad compartida
- subjetividad representativa

Las circunstancias del proceso definen el empleo de los métodos. Por ejemplo, el método de subjetividad aceptada es recomendado utilizarlo para valorar el paisaje por profesionales con mucha experiencia, buen criterio del estudio y un débil apoyo de la cartografía, capaces de mantener unos estándares aceptables a lo largo de la evaluación. El resultado es de parcelación del territorio en categorías excelente, muy bueno, bueno, regular y malo.

El método de subjetividad controlada, se basa en el criterio de la impresión que produce un paisaje, que es fruto de un sinnúmero de emociones, curiosidades y sorpresa, pero de forma

sistemática y establecida, los resultados obtenidos de la valoración en un área determinada son comparables con los resultados de otra área paisajista.

Para valorar el paisaje por este método se utiliza una escala universal de graduación como el de catalogar un paisaje como espectacular, soberbio, distinguido, vulgar o feo; y es tan personal que valida la definición de subjetividad en la percepción del observador.

En el método de subjetividad compartida el principio que opera la valoración del paisaje es por un proceso de consenso grupal de los observadores. Las valoraciones personales se someten a una discusión previa investigación de campo, y es en ésta dinámica que se alcanza un consenso de opiniones pronunciándose todo el grupo por un valor único de la muestra analizada.

Este método fue desarrollado en West Riding, EEUU. (1969) y define cinco categorías del paisaje observado, calidad soberbia, calidad grande, áreas atractivas, áreas monótonas y áreas arruinadas.

También en el proceso de evaluación del paisaje se parte de la medida del paisaje y del modelo de los componentes, pero también de la preferencia o valor del paisaje y su evaluación en términos de preferencia social e individual.

El método directo de subjetividad representativa se basa en la realización de las valoraciones mediante encuestas y entrevistas, y la opinión global o representativa de un grupo de personas de la sociedad. El estudio del paisaje incide en las preferencias del grupo por esto es denominado un modelo de preferencias grupales. Su principal dificultad radica en conseguir una muestra de observadores representativa de las preferencias del público. Se actúa directamente sobre el terreno, fotografías o diapositivas.

Otros métodos de valoración del paisaje lo constituyen un grupo numeroso de técnicas de valoración de la calidad del paisaje por métodos indirectos. Están divididos en métodos de valoración cualitativa y cuantitativa que analizan y describen los componentes del paisaje como los factores físicos, forma del terreno, vegetación y otros elementos.

En todos estos métodos indirectos se sigue una misma secuencia para la valoración del paisaje (Gómez Orea, 1978):

- A. identificación de los componentes a considerar
- B. medición de los componentes para cada unidad del terreno o sobre la información fotográfica.
- C. establecer los pesos o cocientes de ponderación con que cada elemento contribuye a la calidad de la muestra
- D. combinación de las fases precedentes para obtener un valor de la calidad visual global

La desagregación de componentes del paisaje se realiza en base a las características físicas del paisaje como, por ejemplo la topografía, usos del suelo, la presencia de agua y otros. Cada unidad del paisaje se valora en términos de cada componente agregándole un peso ponderado

para obtener un valor final. La diferencia entre los distintos métodos radica en la selección de componentes y en la forma de valorar cada uno.

Estos métodos indirectos fueron los primeros en aplicarse en la valoración del paisaje pero han ido evolucionando a una progresiva cualificación que tiende a completarse con contrastes de preferencias dando lugar a métodos mixtos donde la valoración inicial es directa realizando después un análisis de los componentes para averiguar la participación de cada uno de ellos en el valor total. En el capítulo correspondiente se desarrollara el estudio de estos métodos.

La crítica a esta técnica de valoración radica que en aras de una pretendida objetividad se termina valorando aspectos que no tiene que ver con la calidad visual o la belleza del paisaje mientras que los métodos directos que pueden ser cuestionados por su subjetividad evalúan claramente el paisaje total.

Para la evaluación de la calidad del paisaje los criterios de valoración se aplican a las condiciones y características del paisaje, que para su valoración mediante los métodos indirectos se establecen criterios de valor de la calidad paisajista sobre los ámbitos naturales de contenido, visuales y estéticos:

<u>NATURALEZA</u>	<u>DE LA CALIDAD</u>	<u>CRITERIOS DE CALIDAD</u>
	Geológicos	se muestran elementos de interés
<b>de contenidos</b>	Ecológicos	se muestran procesos de interés
	Socioculturales	un proceso explica todo el paisaje
	grandes vistas (dimensión cualitativa)	Existen puntos panorámicos, miradores e Itinerarios, amplitud de las vistas
<b>visual</b>	contenido y aspecto de las vistas	existen puntos panorámicos, miradores e Itinerarios, interés ambiental y estético de las vistas; gran frecuencia de observación; actividades económicas y sociales asociadas con la observación.
		dominio por exención (regularidad)
	Estética	dominio por contraste
<b>estético o</b>		composición en armonía, otros
<b>percentual</b>		connotaciones naturales
	Percentual	connotaciones de exotismo
		connotaciones de espectacularidad

#### 1.60 Los criterios de calidad del paisaje

Los criterios de la calidad del paisaje son variados, dependiendo de la naturaleza y las intenciones de observación que analiza la muestra del paisaje; y los resultados obtenidos son diferentes según la interpretación de la valoración paisajística realizada.

La definición de la graduación del valor o escala de valor es el valor que se asigna al paisaje. Es complejo definir el valor del paisaje por la naturaleza compleja de la calidad del mismo. El valor paisajista tiene un carácter multidimensional, popularidad, interés ambiental de los contenidos del paisaje, número de puntos panorámicos que se traduce en un paisaje de calidad A, B, C, D, E o F según la valoración otorgada.

Un ejemplo de esta afirmación podría ser un paisaje de calidad B es aquél que teniendo puntos panorámicos tiene contenidos ambientales geológicos, ecológicos o socioculturales de interés medio alto y popularidad media alta sin llegar a la máxima calidad. Así mismo un paisaje de calidad A es aquél que tiene muchos puntos panorámicos y contenidos ambientales de gran interés y popularidad alcanzando la máxima calidad.

Para entender esta comparación entre calidades del paisaje resumo la escala de valor del paisaje:

<u>puntos panorámicos</u>	<u>pocos</u>			<u>Bastantes</u>			<u>Muchos</u>		
	<b>baja</b>	<b>media</b>	<b>alta</b>	<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>alta</b>	<b>baja</b>	<b>media</b>	<b>Alta</b>
<b>Popularidad e interés de los contenidos</b>									
<b>BAJA</b>	F	F	E	D	D	C	C	B	B
<b>MEDIA</b>	F	E	E	D	D	C	B	B	A
<b>ALTA</b>	E	E	D	C	C	C	B	A	A

#### 1.61 La escala de valor del paisaje

Como última etapa del estudio, se compara las calidades de los paisajes evaluados incluyendo matizaciones de valor numérico por causas de alto o bajo grado de evaluación, concluyendo con una síntesis de la calidad de cada paisaje analizado acompañándolo de las consideraciones oportunas.

### 1.4.5 LOS EFECTOS DEL PROYECTO EN EL PAISAJE

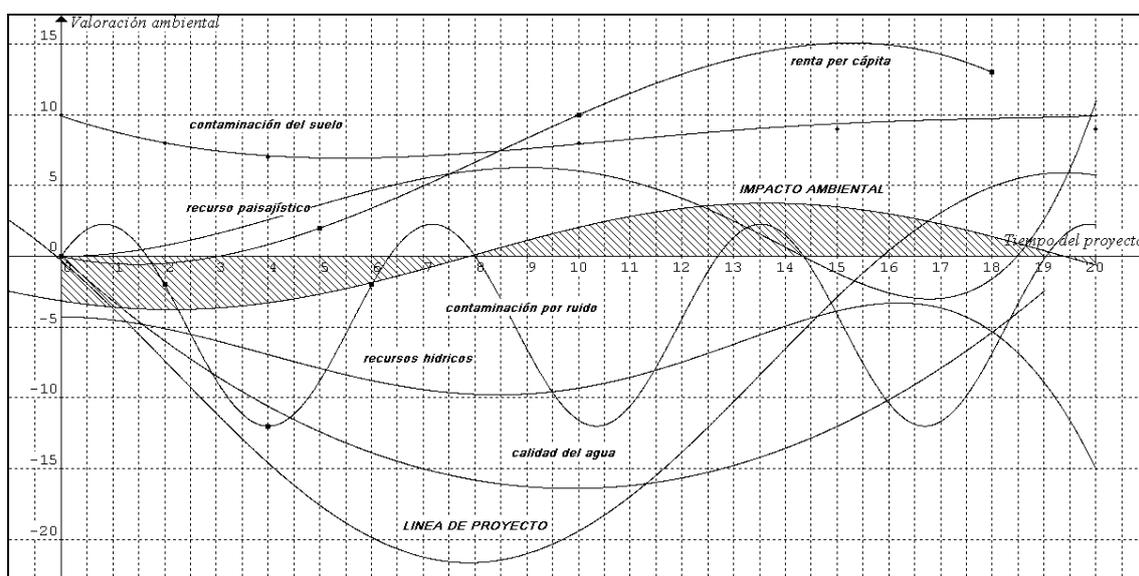
Todo proyecto es una sucesión de actividades y acciones con un objetivo económico que origina una modificación en algún componente paisajístico. Esta definición se puede traducir en términos matemáticos como la variación en las coordenadas de valoración ambiental de estas actividades en el tiempo que dura el proyecto, y lo primero que se nos viene a la mente es la pregunta ¿Cómo se puede representar matemáticamente un paisaje?.

En la siguiente ilustración se representa numéricamente el paisaje de un sistema productivo, con las actividades que se desarrollan en el mismo. Está representado por varias funciones matemáticas tantas como acciones se ejecutan en el proyecto, y sus variaciones son producto de las modificaciones según se realice la acción a lo largo del tiempo del proyecto.

En primer termino enumeraré las variables que definen el paisaje del proyecto según sus actividades y acciones que se desarrollan:

- El agua,
- El suelo,
- La renta,
- El paisaje, y
- La atmosfera (el ruido)

La actividad que se desarrolla casi no produce modificación en la contaminación del factor ambiental suelo en gran forma en el paisaje y en la calidad del agua en todo el tiempo del proyecto. Para esto, inicialmente se presume que todos los factores ambientales analizados tienen el mismo peso específico por lo que se obtiene una línea de resultados del proyecto que es denominada *línea de proyecto* con el mismo valor ponderado de cada uno de los componentes evaluados.



1.62 La representación numérica de la evolución del paisaje

A simple vista parece difícil que un diagrama numérico describa un paisaje y sus condicionantes ambientales, pero me centraré en estudiar solo el *aspecto paisajístico*<sup>46</sup> y su repercusión en las evaluaciones ambientales que es el tema principal de esta investigación, para poder determinar la valoración paisajística, la evaluación del entorno del proyecto o su influencia ambiental.

La valoración de las actividades y acciones del proyecto puede realizarse de forma cualitativa o cuantitativa según el método de estudio a aplicar. Por un método cuantitativo los datos numéricos pueden obtenerse de varias formas con los valores introducidos en el proyecto:

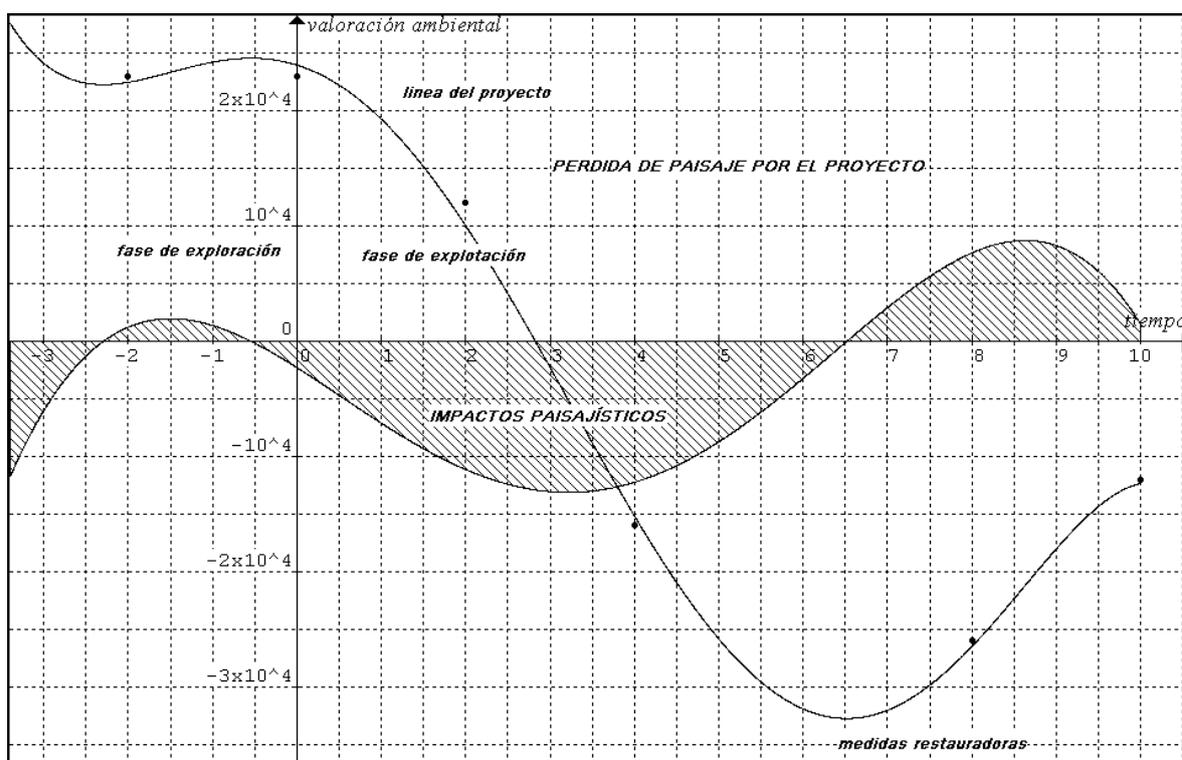
<sup>46</sup> Carretero, 2007

- el coste o inversión en la acción
- la energía consumida para desarrollar la acción
- el área de aplicación de la acción
- la fuerza o presión desarrollada por la acción
- el número de especies presentes en la acción
- otras manifestaciones

Estas mediciones por el modelo numérico de valoración del paisaje tienen que realizarse en un periodo de tiempo determinado de modo que presenten “un antes y un después”, que quiere decir la variación del valor que se producirá en el tiempo aumentando o disminuyendo la calidad a fin de determinar las coordenadas reales del paisaje en el proyecto.

Con estos datos de valoración y el tiempo de la acción del proyecto se traza una línea base que reasentará la *línea del proyecto* definida como la variación de las coordenadas de la valoración ambiental a través del tiempo del proyecto.

Para observar la variación de esta *línea de proyecto* y la trayectoria que describe, es el resultado de trazar el recorrido con datos de la fase de exploración, de las acciones de explotación y con los valores por medidas de restauración en un proyecto:



### 1.63 Pérdida del valor del paisaje

En este ejemplo, el resultado final es un proyecto con rentabilidad ambiental no sostenida en el tiempo, con la pérdida de valores de paisaje por la evaluación de los impactos generados,

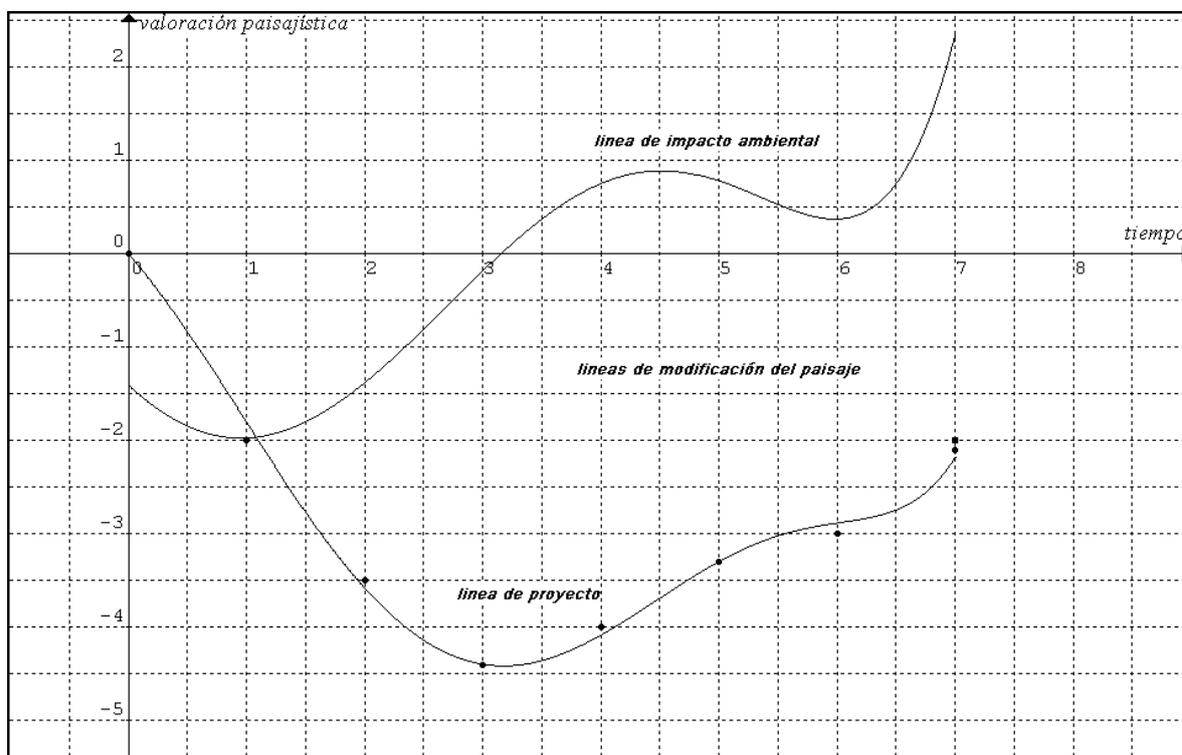
que para conseguir la definición de sostenibilidad y dirigir la línea de proyecto a un campo positivo hay que aplicar medidas adicionales que pueden ser medidas correctoras o compensatorias al proyecto en favor del medioambiente.

Como explicación adicional, en la fase inicial de exploración del proyecto se presenta un incremento del valor ambiental que puede ser por los trabajos de mejoramiento y la generación de impactos positivos en el paisaje. En el diagrama, se puede concluir con una pérdida en los valores del paisaje por el deterioro en la fase de explotación y la aparición de impactos paisajísticos negativos.

La forma de valoración en el diagrama está representada por:

- Eje x, tiempo de permanencia de la acción del proyecto
- Eje y, valoración numérica del paisaje en el proyecto

En la siguiente ilustración, se traza una función matemática  $f(x)$ , que representa la línea de proyecto conteniendo la variación de los valores, en este caso se representa la suma de los valores ambientales del sistema paisajístico del proyecto, y la correspondiente trayectoria que representa los impactos ambientales que se generaran en el tiempo con el desarrollo del proyecto.



1.64 Las líneas y puntos de modificación del paisaje

Como conclusión diré que la línea del proyecto representa la variación de valores ambientales en este caso de forma cuantitativa, específicamente la valoración paisajística, como la pérdida o la ganancia de la valoración paisajística por su modificación en el tiempo; actuaciones que se desarrollaron por el proyecto.

En ambas líneas, la función del proyecto y la línea de impacto ambiental, se diseñan los puntos de coordenadas por grados de modificación del valor del paisaje con el desarrollo del proyecto en un tiempo determinado. La trayectoria de estas *líneas* puede modificarse:

- Por actividades o acciones productivas de explotación
- por medidas preventivas a las acciones productivas
- por medidas correctivas en la fases de explotación o abandono
- por medidas compensatorias adicionales

Los valores numéricos para diseñar una línea de proyecto pueden ser representativos de costes o inversiones directas en las acciones o actividades que se ejecutan en el proyecto. En el caso específico de esta investigación para generar las líneas de proyecto en los diagramas emplearé los costos directos que se aplican en los proyectos productivos, sub-proyectos, actividades o acciones, y que influyen en el sistema paisajista.

La introducción de valores finales de las medidas restauradoras del proyecto hace que la dirección de la línea de proyecto se modifique y aparezcan impactos ambientales o paisajísticos positivos, para conseguir un proyecto más rentable en el tiempo para el medioambiente.

#### **1.4.6 LOS FACTORES AMBIENTALES DEL PROYECTO**

El medioambiente, puede definirse como el medio natural de titularidad común con características dinámicas, como son el aire, el agua, la vegetación, el suelo y otros elementos denominados los factores ambientales<sup>47</sup>. Otra definición que puede atribuirse al medioambiente es el conjunto equilibrado de componentes naturales susceptibles a ser modificados por el ser humano<sup>48</sup>.

Los factores ambientales o componentes naturales, según sea el autor de la definición, son los elementos que diseñan y constituyen el medioambiente, tienen atributos que pueden ser expresados por indicadores, ya sean estos físicos, económicos o de otra estructura diferente de valoración, y su variación es el grado de alteración que sufren los factores ambientales. Este grado de alteración puede ser producido de forma natural por la dinámica del medio donde se localiza, o de forma artificial por la acción humana.

En el medioambiente intervienen factores que son alterados con el desarrollo de una actuación humana, como un proyecto o una intervención puntual en el medio receptor. Estos factores están condicionados por las características técnicas de la actividad como la fuerza, la

---

<sup>47</sup> Mateo Martín, 1987

<sup>48</sup> Moreno Trujillo, 1991

intensidad, la magnitud, o el tiempo, que determinan la cuantificación de posibles alteraciones o modificaciones físicas a lo largo de las distintas fases y etapas de trabajo que sufrirá el medio receptor.

La capacidad de asimilación del medio receptor es la capacidad que tienen los factores ambientales como el agua, aire, paisaje, suelo, vegetación, flora, fauna o la atmósfera de absorber un cierto grado de modificación o alteración, y diluir sus efectos negativos hasta considerarlos como aceptables.

En términos del paisaje esta dilución de impactos paisajísticos generados por la actuación, es absorbida por el entorno en un proceso de reversión paisajística, que, el mecanismo y el proceso de recuperación lo explicaré en el capítulo correspondiente.

Estos componentes ambientales se desagregan en factores y sus funciones las cuales tienen la capacidad de diseñar un paisaje y sus características potenciales de sufrir alteraciones o modificaciones por mecanismos ambientales que los resumo en el siguiente listado:

- Cantidad de recursos hídricos
- calidad del agua
- contaminación del suelo
- cambios geomorfológicos
- erosión superficial
- movimientos en la masa
- inestabilidad de laderas
- cantidad de especies de fauna
- cantidad de especies de flora
- cobertura de pastos
- cobertura de bosques y matorrales
- estabilidad de ecosistemas
- cantidad de recursos hídricos
- número de puntos de interés
- salud e higiene de la población
- seguridad del entorno
- tradición y costumbres
- capacidad de uso agrícola
- capacidad del uso urbano
- capacidad del uso industrial
- puntos de interés turístico
- renta per cápita
- nivel de inmigración y empleo
- consumo ambiental

Todos estos parámetros definen el grado de modificación o alteración potencial que se puede desarrollarse en un paisaje dependiendo de las características evolutivas de la dinámica para realizar el cambio, como la magnitud o intensidad de la acción emisora, el tiempo efectivo de ejecución o la capacidad de absorción de medio receptor.

## 1.4.7 LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN AMBIENTAL

Toda acción humana y su correspondiente ámbito de actuación puede denominarse como un sistema productivo-ambiental y está definido como un desarrollo económico y productivo de un proyecto en un entorno físico al que denominamos medioambiente, y que en este estudio de investigación se centrará en el factor ambiental del paisaje o sistema paisajístico, y el término minero corresponde al ámbito productivo de la actuación humana.

El proyecto y su entorno ambiental hay que evaluarlo inicialmente como si fuera un inventario paisajístico sobre las características presentes de sus factores, esto supone una descripción y diagnóstico de los contenidos presentes. Esta valoración suele ser algo subjetiva porque al no existir una norma no se pueden clasificar con un único método de evaluación el paisaje, y los criterios a emplear son determinados muchas veces por el equipo evaluador viendo las características del proyecto y del sistema paisajístico.

El objetivo de la evaluación ambiental es:

- para conocer el estado de conservación de las unidades ambientales
- para estimar pérdidas de valor y deterioro por el proyecto
- para permitir la comparación de unidades ambientales
- para la comunicación de la información y los resultados

Los criterios más frecuentes empleados en la evaluación ambiental, son:

- Criterios normativos
- Criterios de producción
- Criterios visuales y culturales
- Criterios de diversidad
- Criterios de naturalidad
- Criterios de representatividad
- Criterios de rareza
- Criterios de fragilidad
- Criterios endémicos

No todos los criterios que se seleccionan son válidos para evaluar los distintos factores ambientales del proyecto. Lo apropiado es separar los factores que hacen referencia al medio físico de aquellos que lo hacen sobre el medio socio-económico para tener una valoración más objetiva y aplicar el criterio elegido a los fines del estudio.

Utilizando la información de estos criterios de evaluación ambiental se pueden utilizar fórmulas matemáticas para obtener un valor representativo de la valoración. Estas fórmulas deben ser sencillas a fin de que puedan representar objetivamente un aumento o pérdida de valor en la unidad ambiental evaluada. Los datos obtenidos pueden ser representados por dibujos estadísticos como los diagramas acción-impacto utilizados en esta investigación.

Los parámetros ambientales seleccionados para su evaluación deben ser lo más objetivos y representativos posibles para los fines que los vamos a utilizar, sin olvidarnos la existencia de posibles interrelaciones y dependencias entre ellos que hacen variar los resultados.

Se pueden dividir las variables ambientales en los siguientes grupos:

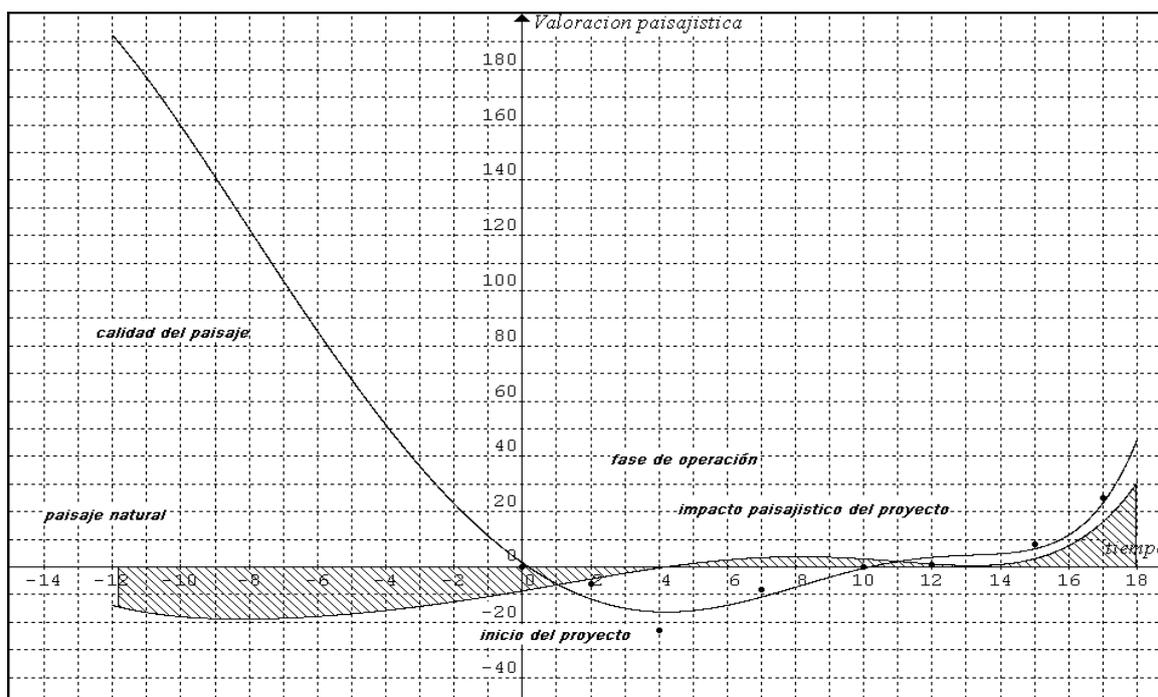
- Las variables físico-químicas
- Las variables Biológicas
- Las variables paisajísticas
- Las variables socio-culturales

Este trabajo de investigación tiene como finalidad la evaluación y análisis de las variables paisajísticas que intervienen en los proyectos, por lo que dirigiré el estudio en el grupo de valoración sobre estos aspectos paisajísticos y sus modificaciones con el desarrollo de acciones de los proyectos mineros que son los más representativos para evaluar estas variables.

El criterio de valoración empleado para definir el sistema paisajístico y su variación en el tiempo del proyecto:

- Valoración ambiental o paisajística de las acciones productivas
- Valoración ambiental o paisajística de las acciones por consumo

Como se dijo anteriormente, un proyecto está definido por fases, actividades, acciones, variables de impacto y un programa de medidas alternativas; variables que pueden describirse en un sistema matemático como se observa en la siguiente ilustración:



1.65 El inventario inicial del paisaje

Se aprecia la modificación de la línea del proyecto hasta su eliminación del valor del paisaje natural ocasionado por una acción de consumo paisajista, con la generación de impactos paisajísticos negativos en su fase inicial hasta traducirlos a un valor cero en las coordenadas de origen que corresponde al tiempo de inicio del proyecto y la fase de explotación minera.

En el inventario ambiental practicado en la fase preliminar del proyecto, se aprecia que el entorno tiene un gran valor paisajístico, que progresivamente se va eliminado por una acción o acciones adversas contra el paisaje, y que, supuestamente, se considera que sea una acción productiva del proyecto. En una interpretación puede decirse que representa la destrucción de un paisaje de gran valor ecológico por un proyecto productivo que se desarrolla.

En la ilustración se observa que la valoración de la calidad del paisaje natural está dibujada a la izquierda del eje *y*, producto del inventario inicial practicado. Las acciones del proyecto se inician en las coordenadas de origen y la valoración paisajística producto de estas acciones en la fase de operación se dibujan a la derecha del eje *Y*; esto supone una valoración más ordenada en la trayectoria de modificación del paisaje.

Finalmente, se puede apreciar en el diagrama del inventario inicial del paisaje, la aparición de impactos paisajísticos positivos por la introducción de medidas correctoras y restauradoras al proyecto productivo minero, que en palabras sencillas representan las actividades adicionales que se realizan en el proceso de recuperación del paisaje degradado.

### **1.4.7.1 LA CALIDAD DEL PAISAJE**

La calidad de paisaje conlleva a los términos de fragilidad y sensibilidad ambiental. De las innumerables definiciones existentes al respecto se puede decir que la calidad del paisaje es el grado de excelencia o mérito del medio para no ser alterado, modificado o destruido conservando su estructura actual<sup>49</sup>; y La fragilidad es el grado de susceptibilidad del paisaje a sufrir una modificación en sus componentes que dependen siempre de las características de la actividad que se vaya a desarrollar.

Un paisaje puede definirse como una concentración de entornos con distintas finalidades de uso. Entre estos ámbitos podemos destacar principalmente:

- Área de entorno natural
- Área de entorno socio económico
- Área cultural
- Área turística
- Área ecológica

Para este estudio de investigación, todos los factores ambientales considerados en la evaluación de impacto ambiental del proyecto tienen la misma importancia y son definidos en

---

<sup>49</sup> CEOTMA, 1998

el sistema paisajista como partes de una integración ambiental única<sup>50</sup> en un entorno con distintos usos. Su valoración está condicionada a las modificaciones producidas en cada factor ambiental y tiene que ser lo suficientemente objetiva y cuantificable en cada valor para apreciar los cambios.

En este ámbito, es conveniente valorar y definir el sistema productivo y el sistema ambiental del proyecto por separado como:

- Valoración de la calidad del paisaje previo, como el paisaje natural antes del proyecto
- Valoración de la calidad del paisaje actual, como el paisaje con las actuaciones del proyecto

Los principales componentes del paisaje para valorar su fragilidad, son descritos como los condicionantes del paisaje, que para definirlo de una forma real y objetiva pueden enumerarse como los principales indicadores del sistema paisajístico, pero un paisaje se puede definirse básicamente por:

- El tamaño y amplitud
- La forma del suelo
- La cubierta vegetal
- Las formas y pendientes
- Las alturas relativas
- Las zonas iluminadas
- Las funciones del entorno

Estos indicadores definen de forma inicial un paisaje, pero la relación con otros condicionantes están explicados con más profundidad en el apartado de los condicionantes de la fragilidad del paisaje.

### **1.4.7.2 LA VALORACIÓN DEL PAISAJE EN EL PROYECTO**

La valoración de la calidad del paisaje se puede considerar como un procedimiento subjetivo de evaluación. No existen reglas ni normas establecidas para hacerlo, por la extensa variedad de paisajes existentes en el universo. El apartado de la evaluación paisajística de un proyecto ocupa un segundo lugar en los estudios de Impacto Ambiental por su complejidad subjetiva, por lo que sería conveniente realizar investigaciones posteriores sobre esta temática a fin de situar adecuadamente las evaluaciones del paisaje en los estudios.

Este aspecto de la falta de rigor en los tratados de evaluación del paisaje, queda reflejado en el apartado correspondiente del estado del arte de la investigación de esta disciplina.

---

<sup>50</sup> Es la formación de un todo con las partes, factores, procesos ambientales, actividades humanas y el entorno (Vergara, 2002)

Las variables fundamentales que se contemplan para definir una tipología de paisaje en los ecosistemas son:

- Las unidades del paisaje que corresponden a un espacio homogéneo con aspecto cromático, de amplitud, de forma o de naturalidad.
- La fragilidad visual<sup>51</sup>
- La sensibilidad del paisaje para absorber cambios sin alterar su calidad

En la siguiente tabla se puede observar diferentes grados de sensibilidad de ecosistemas y el impacto generado por las acciones del proyecto. El indicador ambiental, en porcentaje (%), esta referenciado al área del ecosistema, y la norma seguida para el estudio de los paisajes de los ecosistemas evaluados se realizó, en la muestra, con criterios, principalmente ecológicos y naturales, valorando las áreas de intervención y no los aspectos técnicos del proyecto en el área de influencia directa:

Ecosistemas	Grado de sensibilidad (%)	Accion del poyecto (%)	Impacto generado(%)
Selva tropical humeda	100	30	90
	80	20	65
	65	40	55
	50	60	62
Poblado rural	45	40	48
	30	26	28
	20	80	22
Desierto	15	60	10
	5	15	4

#### 1.66 El grado de sensibilidad de los ecosistemas

Se puede observar, que ecosistemas frágiles como el ámbito de la selva Amazónica con un alto grado de sensibilidad y fragilidad paisajística, definida por los contenidos como la vegetación existente, el proyecto con magnitudes reducidas en acciones producen alto grado de impacto

<sup>51</sup> La fragilidad visual del paisaje agrupa a factores biofísico como el relieve o la cubierta del suelo, y factores de visibilidad como la visibilidad intrínseca o la visibilidad adquirida determinada por la atracción al lugar o la forma de accesibilidad

en el paisaje<sup>52</sup>. Por el contrario ecosistemas que presentan bajo grado de sensibilidad y fragilidad, como el desierto, con escaso contenido paisajístico, las actuaciones del proyecto generan impactos reducidos en el paisaje.

Un paisaje está definido por su forma, tamaño, amplitud, homogeneidad, naturalidad, fragilidad, absorción, vulnerabilidad e innumerables características, variables, condicionantes, interpretaciones y otros atributos que componen una metodología compleja para su evaluación.

Para estudiar este caótico sistema de atributos paisajistas trataré de seguir una línea de valoración ordenada, basándome, como primera medida, en definir las características principales del paisaje.

Estas características fundamentales a seguir para evaluar un paisaje, son las siguientes:

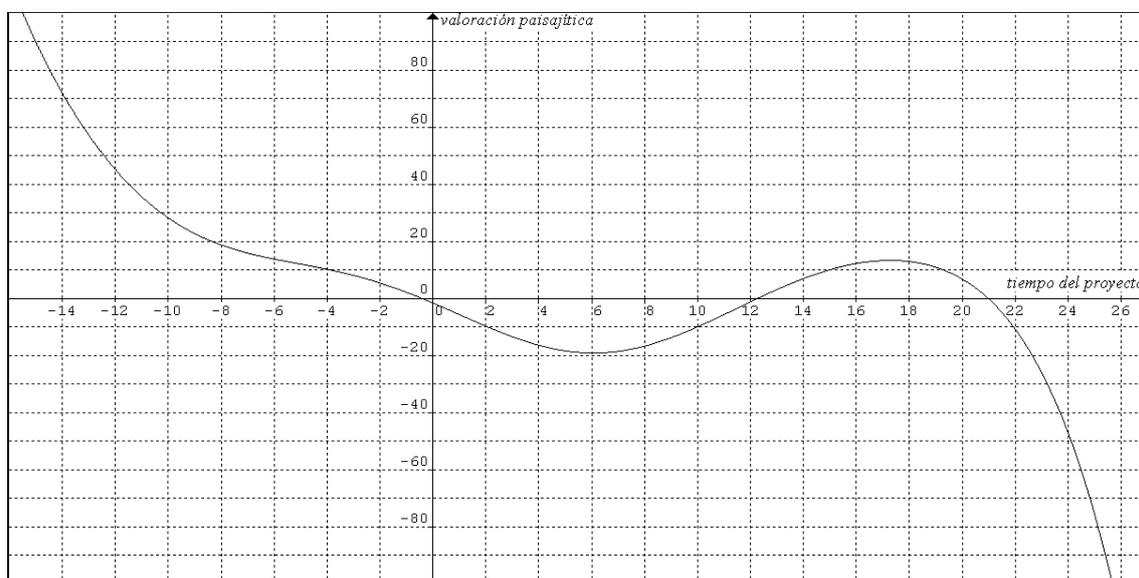
1. La unidad del paisaje. Está constituida por el espacio de características homogéneas desde el punto de vista paisajístico. Puede definirse como unidades lineales donde predomina la longitud del paisaje como característica principal por ejemplo paisajes de ríos, carreteras o cercados. Las teselas o piezas de mosaicos son elementos con una superficie apreciable y pueden considerarse unidades bidimensionales del paisaje.
2. El cromatismo. Expresa el grado de uniformidad de los colores y tonos de la unidad del paisaje, Por ejemplo un bosque o un espejo de agua.
3. La amplitud. Refleja la dimensión de una unidad por si misma, o por comparación con el entorno que define el área de influencia.
4. La naturalidad. Refleja el grado de modificación antrópica que ha sufrido la unidad de paisaje. Se presume que todo paisaje tiene un origen natural.
5. La fragilidad de los contenidos. Es el grado de susceptibilidad del paisaje al cambio.
6. La capacidad de absorción visual. Es la amplitud del paisaje para absorber algunas modificaciones sin variar su calidad intrínseca.
7. La vulnerabilidad. Es la capacidad del paisaje de absorber los impactos generados por el proyecto.

En la siguiente ilustración, se representan los conceptos descritos anteriormente, como las características fundamentales de un paisaje en el proceso de evaluación paisajística. El paisaje representado, obtiene una valoración inicial máxima producto del inventario paisajístico practicado, por su belleza natural de gran valor ecológico, que en la fase pre operacional y de

---

<sup>52</sup> El impacto es la externalización del grado de bienestar que percibe el individuo del paisaje (Riera, 2005).

explotación del proyecto va disminuyendo por la destrucción de los contenidos del paisaje, y la degradación del sistema paisajista.



1.67 La evaluación del paisaje

En la ilustración, en la fase de desarrollo del proyecto, el valor del paisaje sufre oscilaciones en el tiempo, impactos positivos y negativos, causados por la alteración por las acciones y por la aplicación de medidas de recuperación adicionales, hasta un tiempo final donde se abandonan estas medidas para producir una degradación total del paisaje.

Como se dijo anteriormente, los factores ambientales del sistema paisajístico en el entorno de los proyectos puede ser evaluado desde dos puntos de vista. Primero desde una perspectiva subjetiva muchas veces ecológica donde no hay reglas definidas para la valoración de la calidad del paisaje y con el inconveniente que los resultados no puedan ser utilizados correctamente en la planificación y programación de los proyectos.

Desde otra perspectiva más objetiva, la valoración de la calidad del paisaje utiliza los datos económicos del proyecto o de las actividades humanas que se desarrollan definiendo la mejora o *construcción*, y *la destrucción* del paisaje por las acciones del proyecto, con resultados más útiles para la planificación y proyección de área de estudio<sup>53</sup>.

El paisaje es una variable siempre unida al medio físico donde habita el hombre y desarrolla sus actividades, y es el hombre quien percibe por los sentidos estos cambios y alteraciones que se producen a lo largo del tiempo con las actividades humanas. Pero el paisaje también es una variable dinámica y en constante evolución según los fenómenos que se suceden por acción de la naturaleza.

Existen varios métodos para la valoración del paisaje con diferentes técnicas de aplicación:

<sup>53</sup> Guía Metodológica para la Planificación del Medioambiente, CIFCA-1983

## LOS METODOS DE VALORACIÓN SUBJETIVA

Para valorar un paisaje en su totalidad o parcialmente se pueden utilizar las técnicas subjetivas, conocidas como directas, que son sugeridas, principalmente, por un gran número de expertos que a su juicio en la materia del paisaje, son valores representativos de las cualidades visuales de espectador.

### A. El método de subjetividad aceptada

Con este método, la percepción del experto necesita unos elementos de aplicación como la existencia de un escenario definido, la percepción del mismo, la existencia de un observador, una visibilidad adecuada, la interpretación psicológica del observador y otras variables subjetivas para poder valorar un paisaje.

Los resultados están expuestos a variadas interpretaciones por el equipo evaluador a la hora de realizar el estudio de impacto visual del proyecto según sean los objetivos a conseguir en el reconocimiento.

El rango empleado para valorar las cualidades visuales de un paisaje están referidas a la calidad del paisaje:

- Calidad visual excelente
- Calidad visual muy buena
- Calidad visual buen
- Calidad visual regular
- Calidad visual mala

Aunque parezca que el sistema es muy simple, los resultados obtenidos por un profesional pueden ser los correctos comparados con los resultados de un método más sofisticado de valoración del paisaje.

### B. El método de subjetividad controlada

Este método trata de controlar la subjetividad estableciendo unos rangos numéricos a cada categoría paisajista apreciada por el experto que posteriormente será comparada con evaluaciones del paisaje de otras áreas en estudio.

- Espectacular, con rango de valoración 16-32
- Soberbio, con rango de valoración 8-16
- Distinguido, con rango de valoración 4-8
- Agradable, con rango de valoración 2-4
- Vulgar, con rango de valoración 1-2

- Feo, con rango de valoración 0-1

Pero este método tiene varios inconvenientes. El mecanismo utilizado para convertir el valor de las vistas en valor de evaluación de las unidades del paisaje es dudoso si se acepta la tesis que *“las vistas desde un punto forman parte intrínseca del valor del paisaje de ese punto, y por otra parte, las vistas hacia un punto deben mejorar o detraer el valor solamente del paisaje desde el que se toma la vista”* (Dunn, 1974).

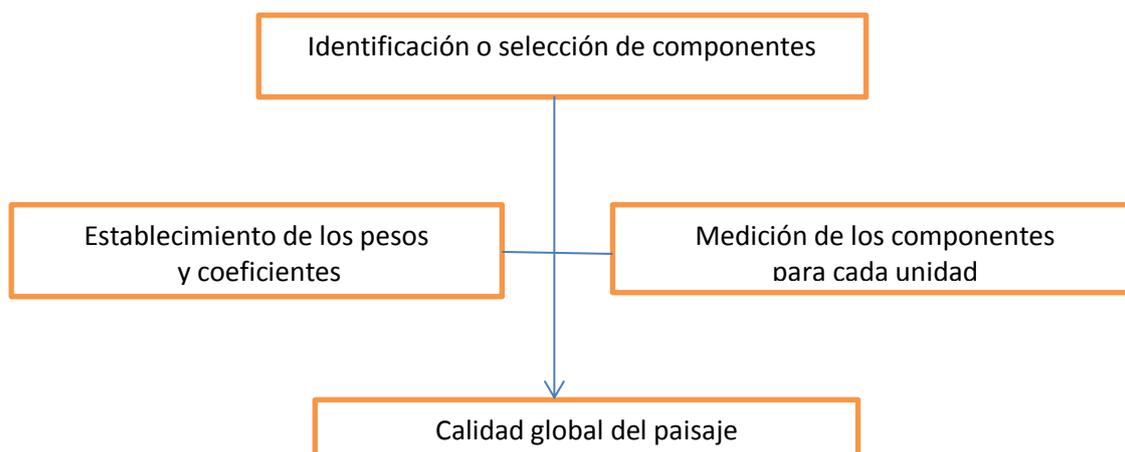
### C. El método de subjetividad compartida

El método consiste en someter a la muestra en estudio a valoraciones personales del equipo, con la posterior discusión de las conclusiones particulares hasta llegar a un consenso grupal de los expertos.

Se establecen cinco categorías de calidad del paisaje:

- Soberbio
- Grande
- Atractiva
- Monótona
- Arruinada

Con este método se gana una relativa objetividad en la evaluación del paisaje y su aplicación se obtiene un resultado de la calidad global del paisaje (Gómez Orea, 1978) que se concreta en las siguientes fases:



1.68 La calidad global del paisaje

### D. El método de subjetividad representativa

El método realiza encuestas y muestras representativas como fotografías y diapositivas en la presentación del paisaje a la población directamente involucrada, y el resultado final es por un consenso grupal. La dificultad de este método radica en que el resultado puede estar influido por preferencias e intereses del grupo.

## LOS METODOS DE VALORACIÓN OBJETIVA

Los métodos indirectos de valoración de la calidad del paisaje son más realistas por esto son denominados métodos de valoración objetiva. Consisten en la desagregación del paisaje en componentes y la posterior valoración de cada uno de ellos, o bien la valoración de cada una de las unidades del paisaje por separado para posteriormente integrarlas en un todo.

Los principales métodos de valoración objetiva, son:

### A. El método directo

Consiste en una valoración directa de cada uno de los componentes del paisaje. Para esto analizan, valoran y describen los componentes del paisaje seleccionando los elementos a considerar y se establece una valoración para cada uno de ellos..

Se puede valorar el paisaje como los extremos, de forma natural y de forma urbana contemplando una forma mixta entre ambos.

Si el paisaje es natural puede valorarse:

- El agua
- La topografía
- La morfología
- La vegetación
- La vida silvestre

Si el paisaje es urbano se valorará, por ejemplo:

- La escala
- La silueta
- La unidad
- El contraste
- La fluctuación
- Los hitos
- La visión serial

Por último, se asigna un valor total de la calidad de visual global del paisaje sumando los valores parciales obtenidos de cada componente del paisaje.

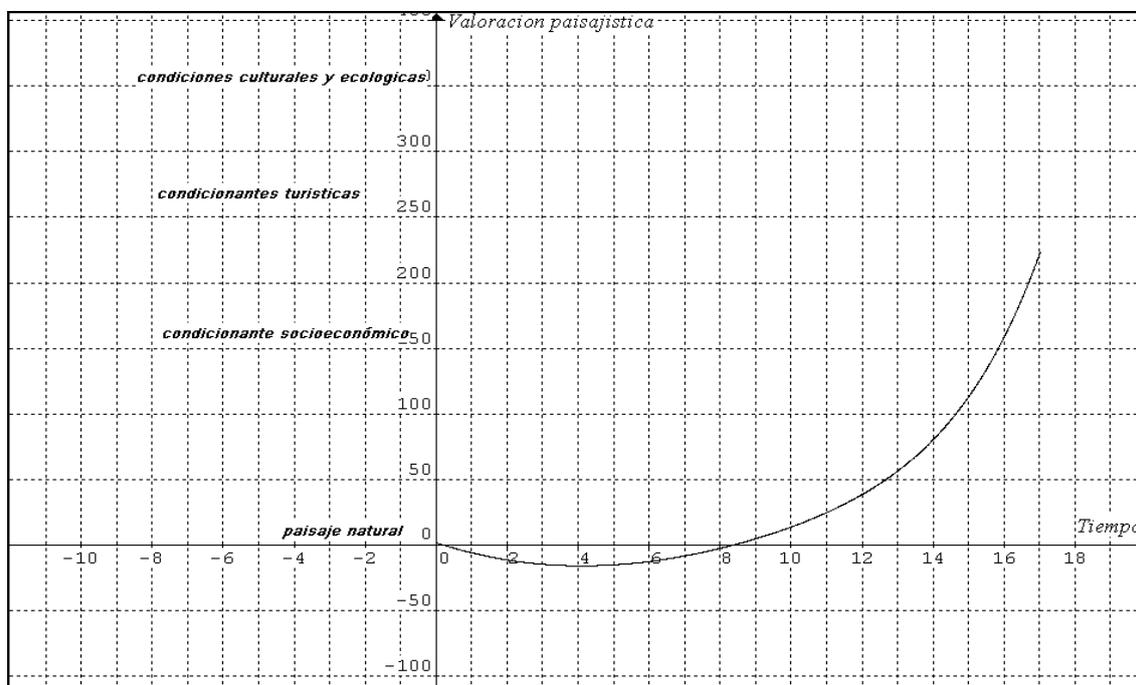
## B. El método indirecto

Utiliza datos económicos para valorar los componentes de un paisaje natural sin la ejecución del proyecto, a lo que se denomina la valoración de los condicionantes previos del paisaje, y su posterior modificación económica de esta valoración con el desarrollo del proyecto.

En este método, el paisaje puede valorarse en relación a las funciones que desarrolla<sup>54</sup>:

- Condicionantes socio económicos
- Condicionantes turísticos
- Condicionantes de investigación
- Condicionantes culturales
- Condicionantes ecológicos

En la siguiente ilustración se presenta una posición inicial de valores genéricos de las condiciones del paisaje en un proyecto determinado determinados por puntos. Cada condicionante externo del entorno del proyecto tiene que valorarse de forma individual dando mayor peso a los indicadores que estén presentes y que representen a él o a los componentes más valiosos en el paisaje según el criterio del evaluador.



1.69 La valoración objetiva del paisaje

<sup>54</sup> Los condicionantes del paisaje elegidos son producto de encuestas de los observadores. Estos recursos paisajísticos pueden ser utilizados como factores de producción con distintas valoraciones en las funciones de uso, existencia o utilidad (Riera, 2005).

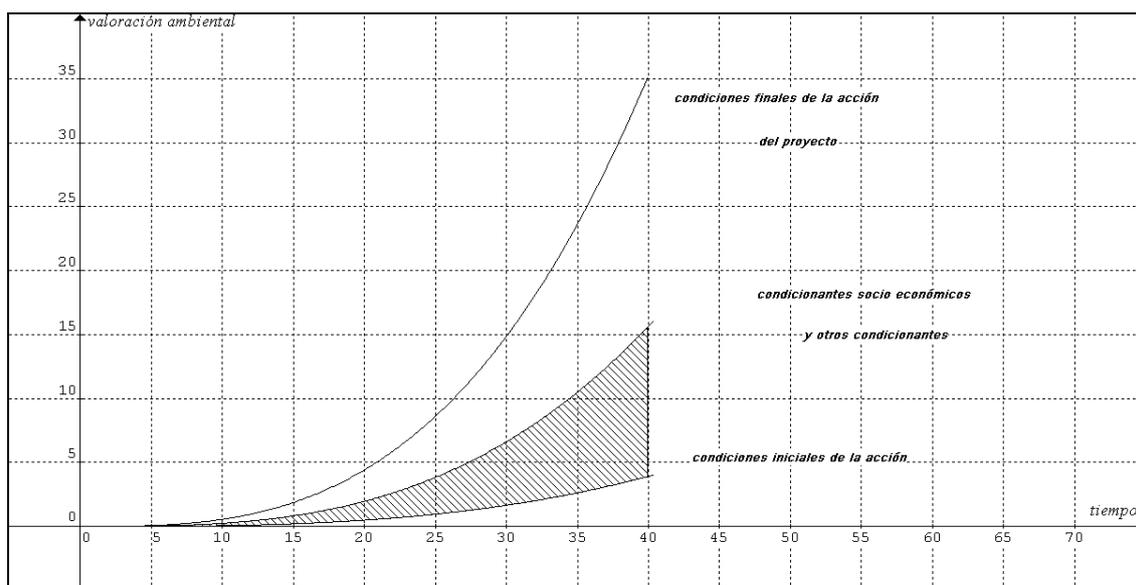
El resultado del proceso de valoración determina que a mayor riqueza de las funciones de uso, existencia o utilidad de los recursos del paisaje utilizado, mayor es la calidad paisajística del escenario observado.

La valoración final del paisaje será la sumatoria de los valores parciales por las condiciones agregadas, como son los elementos socioeconómicos, turísticos, de investigación, culturales, ecológicos y otros a considerar en un escenario potencial; lo que quiere decir que un paisaje será mejor valorado si posee más condicionantes que lo integran, y será menor valorado si los carece.

Del mismo modo, la valoración paisajística por la acción de proyecto varía según la modificación producida en el paisaje, y se potencia este valor según los condicionantes existentes modificados, ya sean turísticos, socio económicos, de investigación, ecológicos o culturales, y que van desde un rango nulo en un paisaje natural, sin atributos específicos, a un paisaje de gran belleza o utilidad, con una valoración máxima.

Es interesante incluir en este apartado, las opiniones de Pere Riera y su equipo de colaboradores, “los recursos naturales y ambientales se utilizan como factores de producción y en la extracción de bienes de consumo con el objetivo del bienestar de las personas”<sup>55</sup>. Esta afirmación se interpreta como la valoración de existencia del medioambiente, donde tiene más valor según la presencia de sus recursos y la función que desarrollan en el entorno.

En la siguiente ilustración se observa la variación del valor de la acción del proyecto, en este caso beneficiosa sobre el paisaje, que se incrementa potencialmente si esta acción es ejecutada por un condicionante determinado, en este caso el condicionante representado es un factor socioeconómico, y el valor final de la acción de proyecto es la suma de las valoraciones paisajistas parciales.



### 1.70 Las variaciones del valor de la acción

<sup>55</sup> Fuente: Manual de economía ambiental y de los recursos naturales, 2005

### C. El método mixto

Este método contempla una combinación de la valoración objetiva directa, y la indirecta, de forma que valida la opinión, el análisis y la valoración de la calidad del paisaje por el experto evaluador, y la opinión del observador particular, según sea los requerimientos del estudio con la utilización de los datos económicos del proyecto, de las acciones y de las alternativas que se puedan producir; para evaluarlos finalmente como un grado de beneficio con la valoración, y proyectar un estado sostenible del sistema paisajístico.

Con esta metodología, la evaluación es más completa porque recoge las opiniones de los diferentes actores en el paisaje. Además, la calidad del paisaje se valora como si se tratase de una modificación del medio físico paisajístico, de forma positiva o negativa, como si se tratara de parámetros que sirven para la construcción o destrucción del entorno del paisaje con el desarrollo de las actuaciones del proyecto en el tiempo.

Esto quiere decir que el proyecto incluirá acciones que serán beneficiosas, y por lo contrario acciones que ayudan a destruir el entorno paisajístico del proyecto generando impactos negativos. La valoración de estos impactos paisajísticos está valorada por los costos o inversiones a realizar en las acciones del proyecto, y determinadas por indicadores de intensidad, permanencia, extensión y tiempo, que producirán los efecto modificadoras del proyecto en el entorno del paisaje.

Este método mixto de valoración ambiental, es el más adecuado, cuando las características del estudio son para establecer un planeamiento estratégico del paisaje en los proyectos mineros, y realizar una metodología que programe e integre el proyecto minero al entorno con mínimos impactos paisajísticos.

Para la valoración de los proyectos mineros en la temática del paisaje, y para definir la sostenibilidad o rentabilidad ambiental de los proyectos, utilizaré esta metodología desarrollada con los principios de observación, el análisis, la documentación y la experimentación de los proyectos, el entorno ambiental y el sistema paisajístico que se investigan.

#### **1.4.8 LA VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS PAISAJISTICOS**

La valoración de los impactos ambientales en general es un trabajo de interpretación muy subjetivo, que se produce en la mayoría de Estudios de Evaluación Ambiental. Se parte, con la identificación de los impactos, en base a conocer las actuaciones que se realizaran en el proyecto y sus alternativas, el medio donde va a desarrollarse, y establecer una relación de causa efecto entre los ítems, (Gómez Orea, 1994).

Uno de los objetivos de esta investigación, es proponer pautas de trabajo más realistas en el tema de la valoración de impactos, a fin de planificar una unificación del proceso de evaluación del proyecto y su integración al entorno; si es necesario planificar medidas restauradoras

posteriores para minimizar los impactos paisajísticos generados, para hacer el proyecto sostenible y conseguir la rentabilidad ambiental.

La definición de impacto ambiental en general afirma la relación acción-origen causada por el desarrollo continuado de un proyecto y el factor efecto del entorno ambiental, especialmente el paisajístico. Los impactos ambientales como las acciones del proyecto pueden ser caracterizados por atributos de forma cuantitativa principalmente por magnitudes de signo, intensidad, de extensión, permanencia y reversibilidad, atributos que son estudiados en esta investigación.

Según Rosa M. Arce “los impactos ambientales son consecuencia de los efectos, representados en los atributos del medioambiente”, y está dividido por componentes ambientales como el agua, la vegetación, la atmósfera o el consumo ambiental entre otros, que tienen características y atributos que se miden por indicadores específicos, simples si indican propiedades sencillas como DBO o el % de sólidos en suspensión, o indicadores más complejos producto de la interrelación de los anteriores.

Al respecto Gómez Orea<sup>56</sup> opina: “uno de los puntos débiles en las evaluaciones de impacto ambiental está en la insuficiencia de datos fiables sobre la localización y el estado de los factores ambientales en el ámbito de referencia. Y no solo ello, sino que también resulta su disposición en forma fácilmente asequible y utilizable por el evaluador.”

De estos comentarios se desprende la importancia de contar con estudios y bases de datos ambientales digitalizadas, a fin de facilitar el trabajo de evaluación de impactos del sistema paisajístico como es el objetivo a conseguir con esta investigación; y proponer un sistema informático que facilite la transmisión de estos datos ambientales al evaluador o a las personas interesadas en el tema.

Toda valoración ambiental es descrita por indicadores, y son los datos de magnitud, intensidad y extensión del impacto producido como el tiempo transcurrido en la generación del efecto que trazan su permanencia. La información necesaria para diseñar el indicador está determinada por las características del factor ambiental a evaluar, y es imprescindible tener una función de valores asociada a su calidad ambiental.

Como valor paisajístico se refiere a valores perceptuales incluyendo consideraciones estéticas, plásticas y emocionales del medioambiente, y tendrá en cuenta la visibilidad del territorio, la calidad paisajística de los factores ambientales, la calidad visual de entorno inmediato y la calidad del fondo escénico.

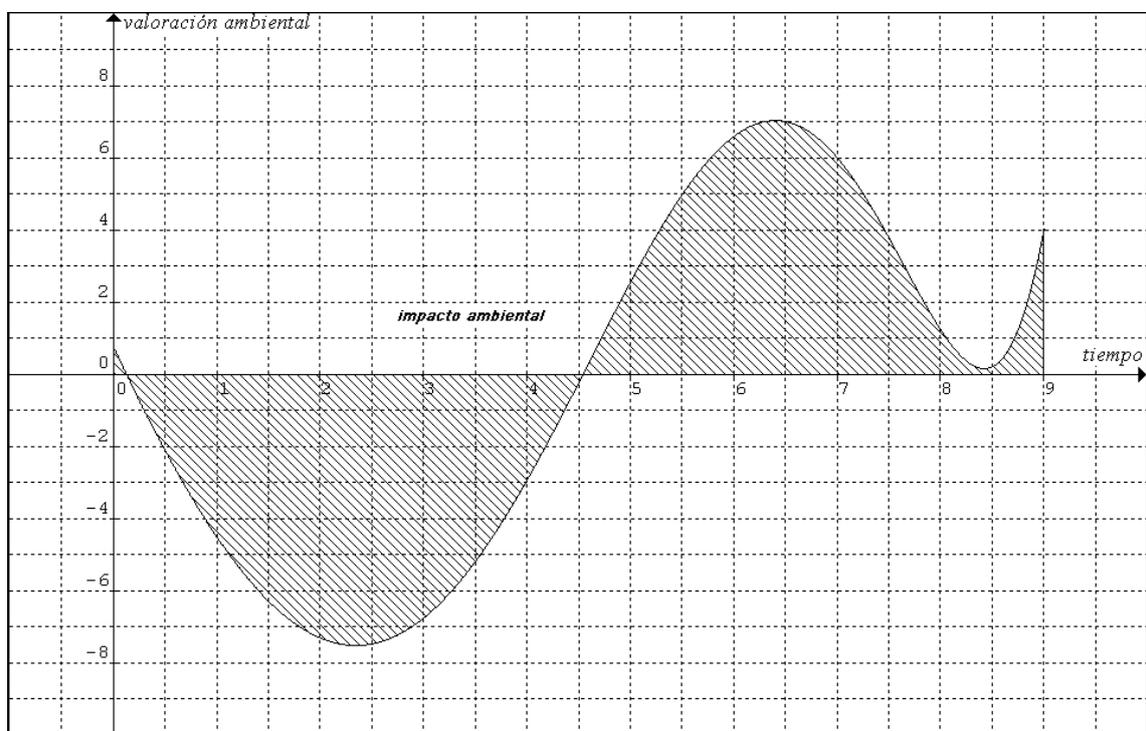
En la valoración de estos méritos suele considerarse el paisaje como un conjunto procedente de la agrupación de los caracteres físicos y de la huella física de la transformación del hombre (Conesa, 2010).

La siguiente ilustración, representa la valoración del impacto sobre un factor del medioambiente y el tiempo de permanencia de la alteración. Esta representación es obtenida

---

<sup>56</sup> Libro: Evaluación de Impacto Ambiental, 1994

por un modelo informatizado, y el área sombreada simboliza el impacto global del proyecto en el factor ambiental valorado<sup>57</sup>.



### 1.71 El Indicador ambiental de impacto

Como una definición de indicador se puede decir que es una clasificación numérica basada de los datos obtenidos por la evolución del proyecto productivo y de los impactos que genera en el entorno medioambiental que se desarrolla; en la ilustración, es la representación gráfica del elemento ambiental a evaluar<sup>58</sup>, y la importancia que presenta este indicador constituye la trascendencia o significado que tiene la modificación producida.

Según el Banco público de indicadores ambientales (BPIA)<sup>59</sup>, el objetivo principal de un indicador ambiental es “contribuir al conocimiento y difusión de los aspectos ambientales más destacables en la totalidad o en parte del territorio español, elaborados de un modo sintético y con el mayor rigor posible”. El concepto de *Banco público* otorga credibilidad a los datos ambientales obtenidos y favorece la utilización de esta información por agencias, organismos y empresas privadas.

Los criterios de selección utilizados para su uso, es:

<sup>57</sup> Evaluación vertical del impacto. Para más información, consulte la ilustración 1.7

<sup>58</sup> Canter,1996

<sup>59</sup> Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente. BPIA es un proyecto abierto de carácter público, integrado en la Red EIONET (Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente) y perteneciente a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural

- que sean relevantes para el conocimiento
- que los datos para elaborarlos estén disponibles
- que puedan ser actualizados regularmente
- que sean fácilmente interpretables

El proyecto BPIA, utiliza 68 indicadores ambientales que se estructuran en un sistema dividido en 14 áreas temáticas del medioambiente y permite ver la evolución en el tiempo de los factores evaluados. Estos factores ambientales son: aire, agua, suelo, naturaleza y biodiversidad, residuos, agricultura, energía, industria, pesca, turismo, transporte, hogares, medio urbano y desastres naturales y tecnológicos; pero, no considera los valores del paisaje como un indicador ambiental por la complejidad en la obtención de datos, la proyección y evaluación del sistema paisajístico.

La *Guía para la realización de Estudios del medio físico*<sup>60</sup> define como indicador ambiental la variable que señala presencia o condición del fenómeno que no puede medirse directamente en el medioambiente. El indicador ambiental tiene que representar propiedades o atributos del componente ambiental evaluado; en el tema que estoy presentando como sistema paisajístico la variación del valor por la acción del proyecto es el grado de alteración o modificación producida, y en el caso de la ilustración anterior la magnitud del impacto paisajístico generado con el proyecto.

La secuencia para la evaluación paisajística en la elaboración de gráficos estadísticos ambientales, y la definición de la importancia que tienen en el proyecto, puede ser la siguiente:

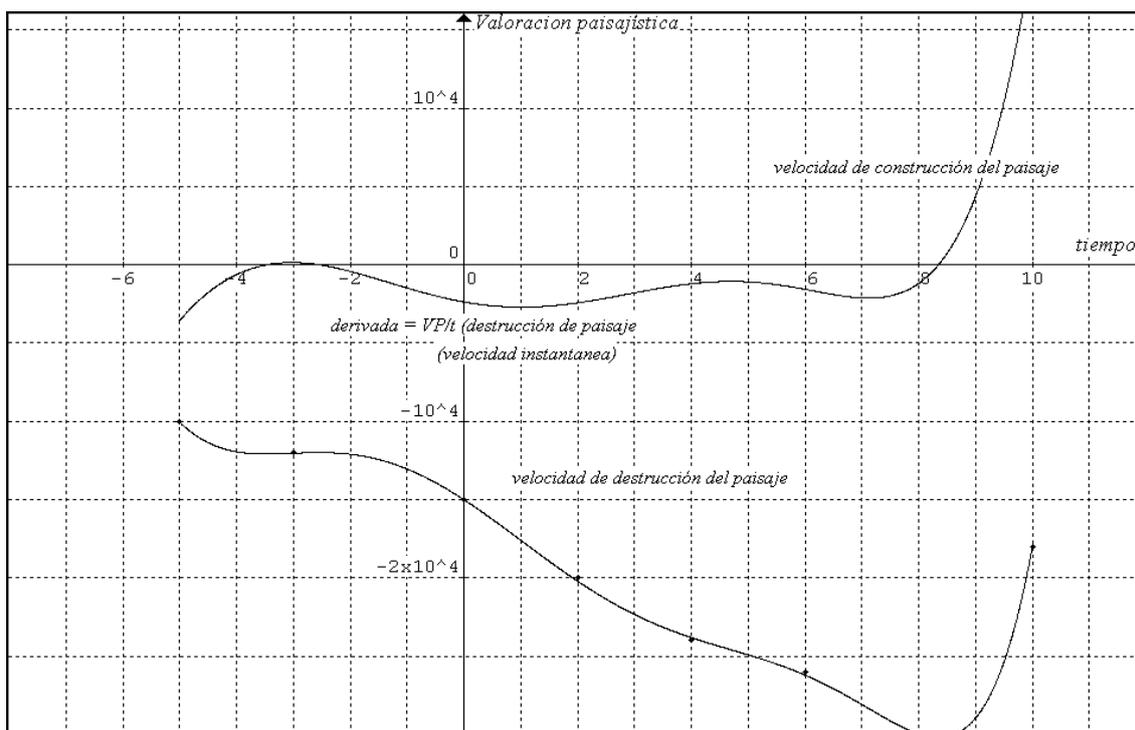
1. Definición de las acciones del proyecto en tiempos y costos
2. Predicción de indicadores sin el proyecto
3. Predicción de indicadores con el proyecto
4. Evaluación de alternativas al proyecto y su modificación
5. Estadística y análisis de resultados

Como un ejemplo de modelo matemático de determinación de los indicadores ambientales en un proyecto, se observa en la siguiente ilustración, la variación de la velocidad de modificación por un indicador de valoración paisajístico, en el proyecto, y representado por la derivada de la función del proyecto o *línea de proyecto*, como el cambio instantáneo que se produce por la actuación. Los valores incluidos en el gráfico son por las variaciones de la calidad y por la fragilidad paisajística producida por la acción de proyecto.

La explicación ambiental del efecto es la siguiente: se realiza un inventario ambiental inicial antes de la fase de operación con una valoración negativa del paisaje disminuyendo, esta, en la fase pre operacional del proyecto. La línea del proyecto, en la parte inferior del cuadro, indica el proceso de destrucción del paisaje hasta que se aplican acciones correctoras que cambian la trayectoria disminuyendo el valor negativo. La derivada de esta función matemática es el indicador de la valoración instantánea del efecto generado por la acción denominado *impacto paisajístico*.

---

<sup>60</sup> CEOTMA, 1991 (tercera edición)



1.72 El modelo matemático y la variación del indicador

Para caracterizar la evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto se toman en cuenta los siguientes aspectos de importancia:

El signo

- Impacto positivo
- Impacto negativo

La manifestación

- Impacto temporal
- Impacto permanente
- Impacto persistente

El carácter

- Impacto simple
- Impacto acumulativo
- Impacto sinérgico

La forma

- Impacto directo
- Impacto indirecto

#### El momento

- Impacto emergente o inmediato
- Impacto a corto plazo
- Impacto a medio plazo
- Impacto a largo plazo

#### El efecto de recuperabilidad

- Impacto reversible
- Impacto irreversible
- Impacto recuperable
- Impacto irrecuperable

#### El tipo

- Impacto periódico
- Impacto irregular
- Impacto fijo o continuo
- Impacto discontinuo

A estas definiciones de impacto ambiental, añadiría otra que se refiere al impacto residual; es una clase de efecto que por su naturaleza e importancia no entra en ninguna clasificación anterior, y que es el resultado del proceso de las acciones impactantes y medidas restauradoras.

Los estudios determinan que estos impactos residuales muchas veces de difícil solución ambiental estén comprendidos dentro de un rango razonable de aceptación, que puede alcanzar hasta el 2% del valor de impacto, y como máximo en importancia ambiental para que pueda definirse como un proyecto sostenido.

En otra forma, las acciones del proyecto modifican de varias maneras los aspectos del medioambiente, y de forma muy particular el paisaje, pueden influir en modificar varios factores ambientales a la vez, de aquí la importancia del concepto; lo que se denomina la evaluación vertical de los impactos. También, una acción puede alterar varios factores ambientales o varias acciones pueden influir en la modificación de un mismo factor ambiental, por esa razón el impacto total o global es la sumatoria de impactos producidos en cada factor ambiental, definida como la evaluación horizontal.

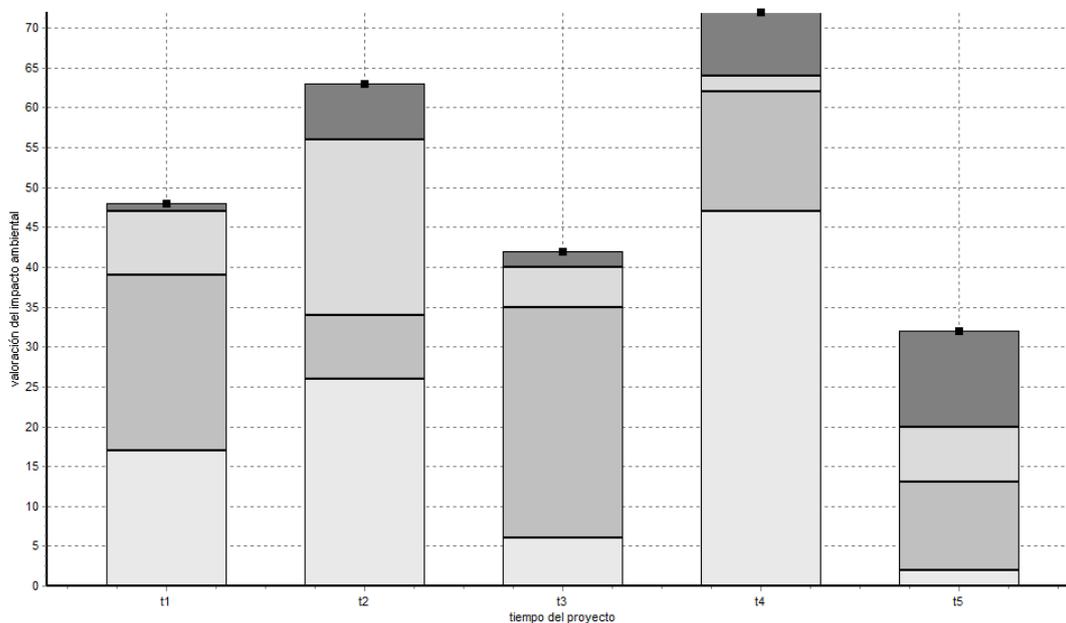
Siguiendo con esta teoría, el impacto ambiental producido por la actuación de un proyecto es la suma de los impactos parciales producidos en sus factores; y esta función es la que se representa como línea de proyecto y la línea de impactos<sup>61</sup>.

La siguiente ilustración, representa la valoración de los impactos ambientales generados por el proyecto y su variación en el tiempo. Los impactos ambientales son producidos por una o

---

<sup>61</sup> Consultar la ilustración 1.62

varias acciones del proyecto, en distintos factores del ambiente<sup>62</sup>; con el resultado de distintos valores y tiempos de aplicación, lo que proyecta el trazado de la línea de impactos<sup>63</sup>:



1.73 La variación de la línea de impacto en el tiempo del proyecto

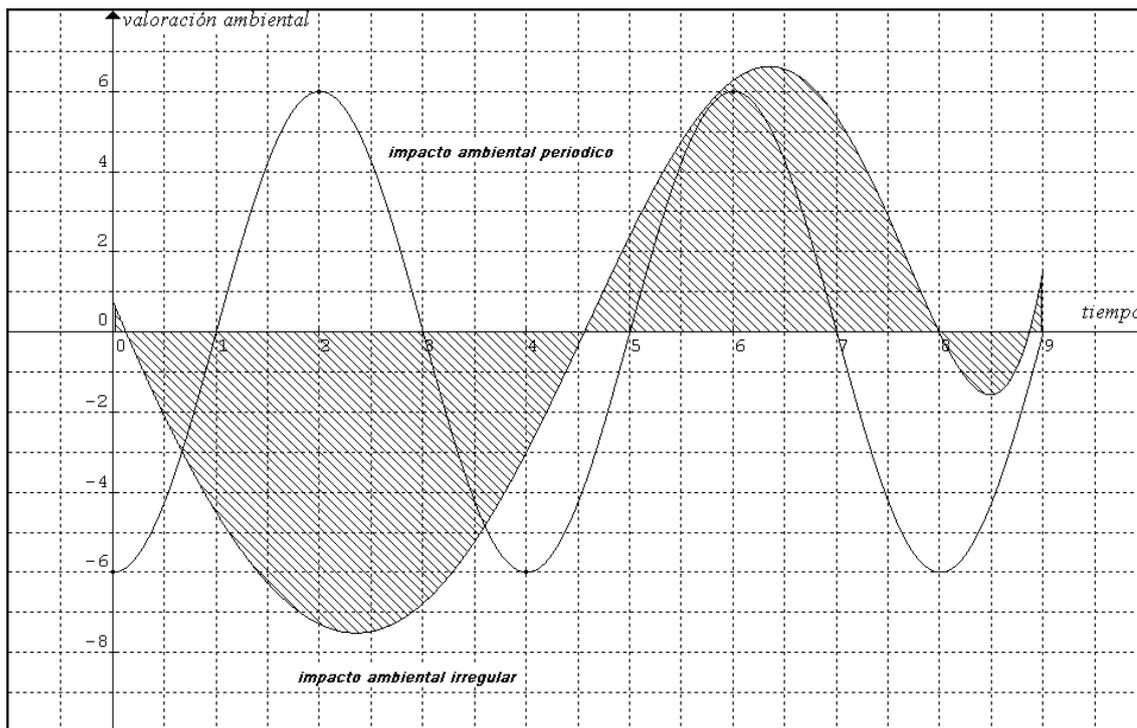
La variación de impactos sobre los factores ambientales del entorno del proyecto, se puede demostrar cuando actúan varias acciones sobre un mismo factor ambiental, o viceversa cuando una misma acción afecta varios factores del medioambiente, y que originan la creación de una línea de impactos del proyecto que se utilizará posteriormente para proyectar la sostenibilidad del proyecto minero.

Con las definiciones descritas anteriormente, un ejemplo de proyecto que explique este mecanismo en el medioambiente será la siguiente: dos factores ambientales, por ejemplo la vegetación y el suelo, son afectados por la acción desarrollada en el proyecto minero, los cuales absorben un impacto ambiental irregular por un lado, en el caso del factor de la vegetación con la deforestación, y por el otro un impacto ambiental periódico en el tiempo, en el caso del suelo por los socavones producidos.

La generación de ambos impactos actuando por separado, son sostenibles en el tiempo del proyecto porque se aplican medidas correctivas para la recuperación del paisaje minero; pero la confluencia de ambas secuencias de impactos en algunos momentos de la trayectoria, produce un impacto ambiental global negativo de gran magnitud, y que solo realizando una evaluación estratégica vertical con modelos matemáticos adecuados, puede ser detectado y demostrado este fenómeno, como se observa en la siguiente ilustración:

<sup>62</sup> En este caso son cuatro los factores ambientales afectados

<sup>63</sup> Punto superior



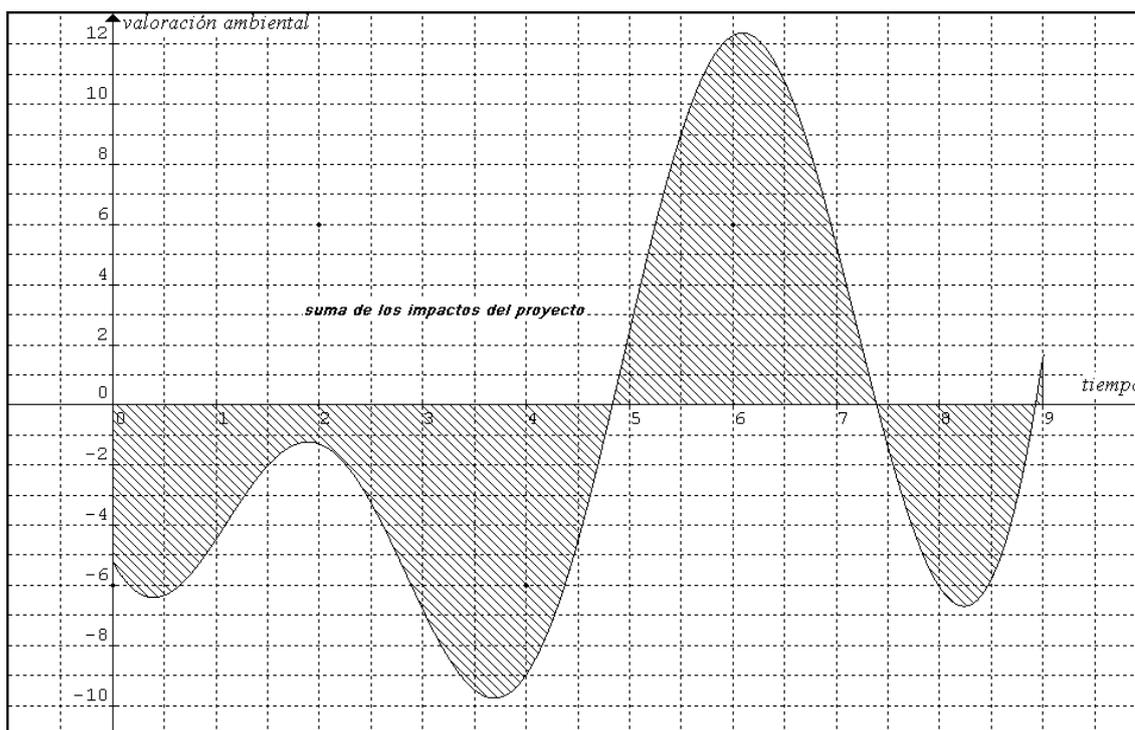
### 1.74 Los tipos de impacto ambiental

En un proyecto minero y siguiendo el planteamiento de la ilustración, se definen acciones ficticias que se ejecutan sobre los dos factores del medio físico ambiental, el suelo y la vegetación. La primera acción que se ejecuta es la retirada de la cubierta vegetal y el traslado a otro emplazamiento del volumen extraído, esta acción genera un impacto irregular emergente al ejecutarse la acción en forma discontinua en el tiempo. Una segunda acción consiste en la extracción de material minero del suelo, que produce una alteración en el relieve, y se hace en forma regular en el tiempo, generando un impacto ambiental periódico.

Téngase en cuenta que la valoración de los factores ambientales de la vegetación y el relieve en el entorno del proyecto son evaluados por separado porque la definición del indicador de impacto del *sistema ambiental* es la valoración de cada factor de forma individual.

$$\text{Impacto total} = \text{Impacto en el relieve} + \text{impacto en la vegetación} + \dots$$

La modificación total producida en el entorno ambiental del proyecto, tendrá un carácter acumulativo en valoración y el mismo peso en ambos factores ambientales afectados; y en este caso, será la suma del valor del impacto generado en el factor suelo más el valor de impacto sobre el factor de la vegetación y su evolución en el tiempo, como se observa en la siguiente ilustración:



1.75 Suma de impactos ambientales

En el proyecto minero, el resultado el impacto ambiental global que es generado por una acción directa, irregular y periódica, es la suma de impactos parciales sobre los factores ambientales del suelo y la vegetación. El impacto total sobre el sistema paisajístico es la valoración en el tiempo, y es sostenible pero con la aplicación de medidas compensatorias al proyecto.

Con este planteamiento, el tratamiento de los impactos se rige por las leyes matemáticas de la adición, sustracción, multiplicación, división, potenciación y otras operaciones; y el resultado final es la aplicación de estas reglas a los criterios de caracterización de impactos establecidos en los proyectos

Otras clasificaciones de los impactos ambientales pueden referirse a aspectos variados, como la percepción social de los observadores habituales; por ejemplo refiriéndose a la normativa existente con los espacios protegidos. En este sentido, en los proyectos mineros, la explotación minera a cielo abierto suele ser habitual en una zona tradicional minera donde el impacto paisajístico generado puede ser menor que en una zona ecológica.

Estas definiciones también son aplicables a las medidas restauradoras y de recuperación del paisaje, introducidas en el proyecto para minimizar los efectos de los impactos ambientales del proyecto.

Como resultados de esta valoración total de los impactos ambientales se pueden establecer cuatro categorías:

- 1) Impacto crítico, cuando la magnitud del impacto es superior a la aceptable y se produce una pérdida permanente de las condiciones ambientales incluso con la introducción de medidas correctoras por lo que es necesario la introducción de otras medidas compensatorias y su evaluación posterior o la eliminación de la acción del proyecto.
- 2) Impacto severo, la modificación del entorno es importante y requiere la introducción de medidas correctoras por un periodo de tiempo largo para minimizar los efectos producidos.
- 3) Impacto moderado, la modificación del entorno es de intensidad relativamente baja por lo que no requiere grandes medidas correctoras, y
- 4) Impacto compatible, la modificación que se produce es mínima y la recuperación es inmediata con el término de la acción del proyecto.

Generalmente, los proyectos sostenidos o sostenibles, su valoración está dentro del rango del impacto negativo compatible, solo necesitan la introducción de medidas correctoras cuando el impacto es moderado o superior llegando a tener que introducir medidas compensatorias de gran volumen en los impactos severos, o paralizar la ejecución del proyecto cuando se generan impactos críticos.

La clasificación de los impactos ambientales:

Impacto global negativo	Impacto global positivo
Compatible	Reducido
Moderado	Moderado
Severo	Notable
Crítico	Alto

#### 1.76 Los impactos significativos del proyecto

Finalmente, en la evaluación global o evaluación horizontal<sup>64</sup> de los impactos del proyecto, que quiere decir valorar los impactos producidos en todo el tiempo del proyecto para determinar la rentabilidad ambiental, se presentan dos categorías:

- Proyectos sostenidos ambientalmente
- Proyectos no sostenidos ambientalmente

Los proyectos ambientalmente sostenidos, son los que en la valoración cuantitativa, con la suma de los impactos positivos y negativos generados a través del tiempo de proyecto dan un

<sup>64</sup> Para más información, consulte la ilustración 1.7

resultado mayor o igual a cero ( $\geq 0$ ), y los proyectos NO sostenidos son los que en su evaluación global son menores que cero.

PROYECTO AMBIENTAL SOSTENIDO  $\Rightarrow \sum \text{IMPACTOS AMBIENTALES} \geq 0$

PROYECTO AMBIENTAL NO SOSTENIDO  $\Rightarrow \sum \text{IMPACTOS AMBIENTALES} \leq 0$

Las ventajas de la evaluación con este método cuantitativo son múltiples, la valoración del paisaje y los impactos ambientales que se generan en el proyecto es más realista, su visualización gráfica da una información más precisa en el proceso de valoración, y se define si el proyecto es rentable ambientalmente. Es uso de un método combinado de valoración objetiva directa e indirecta del paisaje diseña un proceso integrador de las actuaciones del proyecto, su entorno y del sistema paisajista en general.

Por este método se consiguen datos y análisis estadísticos útiles para la planificación del proyecto, por ejemplo determinar que componente de la acción ejerce más impacto en la valoración o la determinación de medidas de recuperación para minimizar impactos paisajísticos en el proyecto.

Para aplicar este método, es necesario que el evaluador aplique las definiciones de construcción y destrucción del paisaje o lo que es lo mismo, la producción y consumo paisajista por las acciones del proyecto. Se debe llevar una contabilidad ambiental adecuada en las actuaciones que pueden generar impactos, y un registro de las incidencias paisajísticas que se producen en el proyecto en relación a la modificación del paisaje y el tiempo de permanencia de estos efectos.

En la valoración de los impactos paisajísticos se convierte a veces en un proceso muy subjetivo a pesar de aplicar un método cuántico porque no se sigue reglas específicas para su evaluación. La Dr. Rosa María Arce (2002) plantea una metodología para la valoración de los impactos ambientales en la fase de planificación del proyecto que incluyen:

- El análisis y diagnóstico
- La definición, metas y objetivos
- La generación de alternativas
- La evaluación de estas alternativas
- El programa de ejecución y control

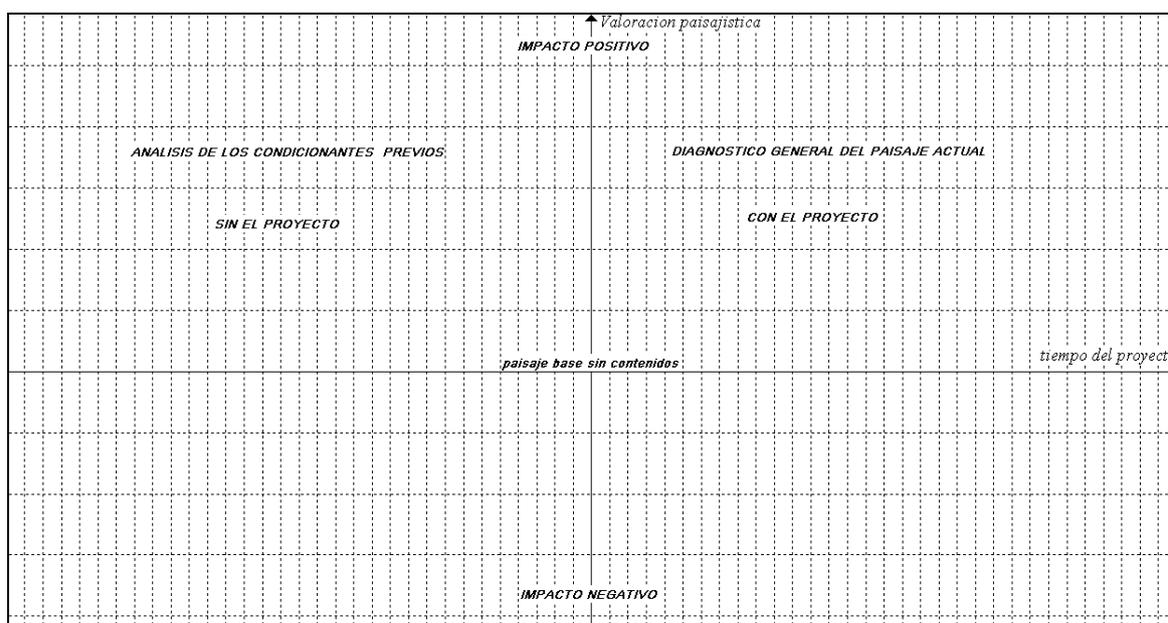
Con estas precisiones para la planificación de la investigación y teniendo en cuenta el modelo de valoración del paisaje en este estudio, utilizaré en mayor medida el método mixto para una valoración más objetiva del paisaje y de los impactos paisajísticos que se producen con el fin de determinar una metodología propia de integración paisajística de los proyectos que es el objetivo del estudio.

El análisis de los condicionantes previos al proyecto es la valoración del paisaje existente de forma natural, y realizada por un inventario paisajístico basado en el valor económico de los componentes del paisaje natural que existe sin el desarrollo del proyecto.

El diagnóstico del paisaje actual es el valor económico del paisaje incrementando o disminuyendo el valor según los datos económicos en todo el tiempo del proyecto. Estos datos económicos son los que directamente modifican el entorno paisajístico del proyecto siendo beneficiosos o adverso.

Con esta técnica se puede planificar y diseñar un programa de restauración o recuperación del paisaje en el entorno del proyecto, para dejarlo como inicialmente estaba o minimizar los impactos paisajísticos que generará el proyecto. Esto se desarrollará más adelante en el apartado de medidas restauradoras del proyecto.

En la siguiente ilustración, se explica algunos conceptos empleados para la elaboración de los gráficos de valoración paisajística:



### 1.77 El análisis del paisaje con y sin el proyecto

Se observa:

- El análisis de los condicionantes previos, corresponde a la valoración de los componentes del paisaje en su estado inicial, antes de desarrollar el proyecto
- El diagnóstico general del paisaje actual, corresponde al análisis por la modificación de los condicionantes del paisaje con el desarrollo del proyecto
- La línea horizontal determina el estado del proyecto, y la línea vertical la valoración del paisaje base desde el punto inicial o sin contenido paisajístico, creado por los impactos del proyecto

Se puede observar en el diagrama de valoración, que la magnitud del paisaje está dividida en campos de trabajo; en la zona izquierda del diagrama si no se desarrolla el proyecto y a la derecha si se desarrolla. Si su valoración es positiva, beneficiosa o productiva los datos se dibujan en la zona superior, y si es negativa, destructiva o consumiendo componentes del sistema paisajístico en la parte inferior del diagrama.

Los conceptos de *análisis de los condicionantes previos* y de *diagnóstico general del paisaje*, están referidos a las valoraciones del paisaje sin y con el proyecto, y con las acciones que se desarrollan en la etapa de inventario, o en la de explotación que pueden generar cambios en el paisaje denominado *impacto paisajístico*.

De forma general, en esta etapa de explotación o desarrollo, se pueden identificar otras formas de presentación, modificación o alteración del medioambiente por el proyecto, como los impactos emergentes, generados en el suelo, la atmosfera, la vegetación, fauna, flora, agua o los impactos socioeconómicos que ocurren en la población, como nuevos modelos de valoración de estos efectos que puede ser materia de estudio en próximas líneas de investigación.

#### **1.4.9 LA MAGNITUD FÍSICA DE LA ACCION DEL PROYECTO**

Todo proyecto está definido por una o varias actividades que se desarrollan para obtener como resultado un bien o un servicio, que, generalmente, es económico para el beneficio de la persona o personas que lo desarrollan, que habitualmente se considera un trabajo de destrucción de algún elemento del medioambiente.

Una actividad del proyecto está constituida por una o varias acciones que son necesarias desarrollar, como por ejemplo la actividad minera de explotación, que pueden ser definidas con características de continuas o discontinuas, temporales o permanentes. A su vez, las acciones están formadas por varias tareas, que generalmente son actuaciones puntuales para hacer algo sobre el medio receptor, en un tiempo determinado<sup>65</sup>.

Las acciones y las tareas dependen de magnitudes físicas, como el signo que es la fuerza o intensidad necesaria para realizar la actuación, la extensión que determina la amplitud o ámbito, el momento de aparición y fin, la permanencia en el tiempo, la reversibilidad para la recuperación de la acción, y otras magnitudes físicas de menor importancia que identifican la actuación con características físicas propias y particulares.

Los efectos de estas acciones del proyecto pueden ser puntuales y localizados o de superficie en un área de actuación, según las características del momento que se desarrollen en el tiempo y su valoración en el espacio. Las características puntuales de la acción producen un impacto paisajístico inmediato y localizado, y las de superficie pueden desarrollarse de forma variable, según las magnitudes de tiempo y dirección, como los efectos multiplicadores o exponenciales que producen generalmente las acciones del proyecto.

---

<sup>65</sup> División del trabajo del programa informático Microsoft Project , consulte las ilustraciones 1.101 y 3.1

Asimismo, las acciones de proyecto están constituidas por dos componentes fundamentales, uno de producción y otro de consumo. Esto quiere decir que toda acción producirá un *algo*, y consumirá otro *algo* para obtener el beneficio de la acción.

Se pueden definir el proyecto por:

- Acciones productivas
- Acciones de consumo
- Acciones mixtas

Generalmente, las acciones que se desarrollan en un proyecto son de carácter mixto, acciones con un componente de producción y otro componente de consumo ambiental. Por ejemplo, si la acción de proyecto tiene como objetivo la producción de material minero y el consumo del factor suelo, ambas valoraciones ambientales se sumarán para determinar el efecto del impacto ambiental de la acción total.

Para determinar una actividad definida por la línea de proyecto, se analiza ambos factores, de producción y de consumo, que definen la trayectoria a seguir de la línea en los diagramas del proyecto.

En el caso de acciones directas sobre el paisaje y en especial sobre el paisaje natural el efecto global de la acción es únicamente por consumo de elementos que lo componen dado que la valoración por la producción es nula, destruyendo la armonía paisajística del entorno.

Estas características de producción y consumo ambiental de las acciones del proyecto pueden representarse gráficamente por medio de diagramas de valoración. El valor de la acción en un momento dado se incrementa o decrementa por el efecto operativo multiplicador o exponencial de la acción a pesar de mantenerse constante en el tiempo, produciendo un mayor o menor efecto impactante en el medioambiente.

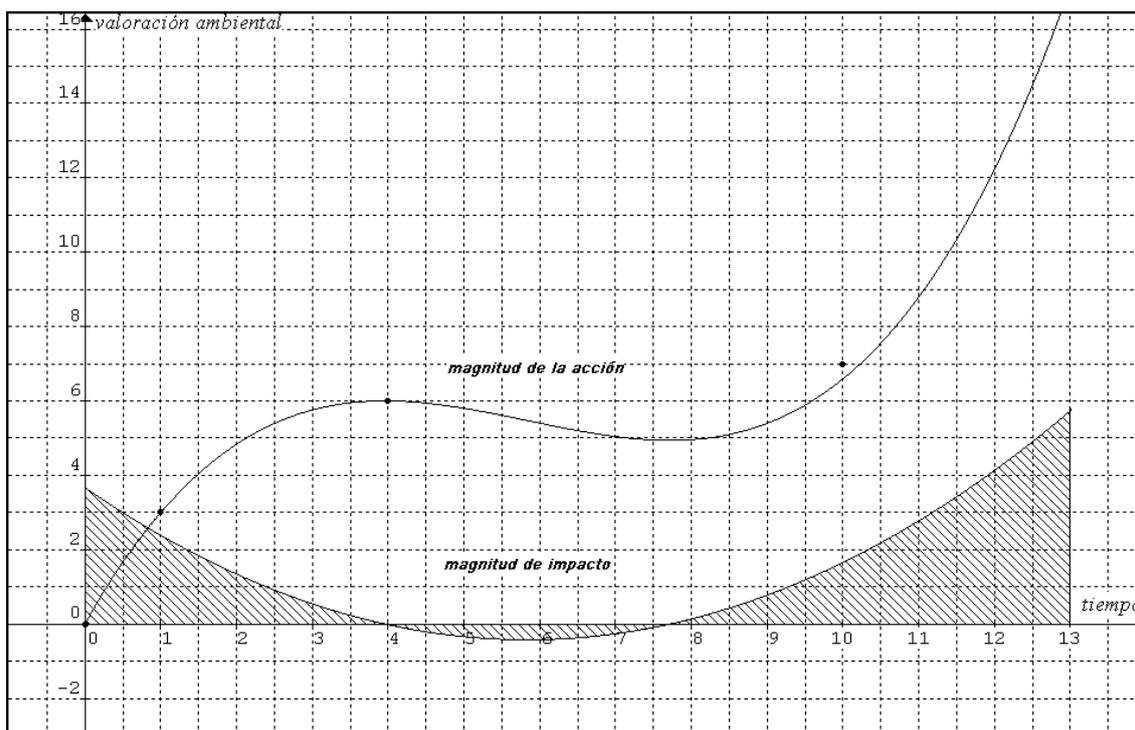
También una misma acción puede afectar a varios elementos o factores del ambiente produciendo un impacto o alteración en cada uno, o también varias acciones del proyecto pueden afectar a un mismo factor ambiental generando el mismo efecto, por esto se recomienda realizar un estudio de las características de las acciones que se desarrollan y a que factores ambientales afectará la acción del proyecto y el grado de incidencia.

Este grado de alteración o impacto ambiental dependerá de la naturaleza y tipo de la acción que se desarrolla. Hay acciones que tienen mayor potencial de alteración como es el caso de impactos negativos severos o críticos que otras acciones con características diferentes, es lo que denominamos la incidencia o magnitud de la acción.

En la siguiente ilustración se dibuja la magnitud de una acción de proyecto y la magnitud del impacto generado en el sistema de valoración ambiental. El término de *magnitud*<sup>66</sup> se puede cuantificar como la valoración de la intensidad de la acción sobre el factor ambiental afectado por un coeficiente o grado de incidencia, y lo denominaré valoración ambiental o valoración paisajística, según la escala de factores ambientales utilizada:

---

<sup>66</sup> La magnitud incluye el signo, intensidad, extensión, reversibilidad, permanencia



1.78 Las magnitudes de la acción y de impacto

La característica del impacto ambiental generado por la realización de una acción sobre un factor ambiental es función principalmente de características físicas como el signo, la intensidad, la extensión, el tiempo, la permanencia, y características propias como el término de reversibilidad en el tiempo de la acción que se desarrolla en el proyecto.

Se pueden resumir en la siguiente tabla estas características físicas y los efectos producidos:

<b>Signo</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Extensión</b>	<b>Momento</b>	<b>Permanencia</b>	<b>Reversibilidad</b>
<i>+/-</i>	<i>tiempo/area</i>	<i>area</i>	<i>tiempo</i>	<i>tiempo</i>	<i>Tiempo</i>
+ o -	Nula	sin influencia	a + largo plazo	Nula	Instantanea
+ o -	Baja	Puntual	largo plazo	Fugaz	corto plazo
+ o -	Media	Parcial	medio plazo	temporal	medio plazo
+ o -	Alto	Extensa	corto plazo	constante	largo plazo
+ o -	extrema	Global	al instante	permanente	sin recuperación

1.79 Tabla de magnitudes y efectos

Otros factores de menor importancia que pueden incidir en la realización de una acción o actividad pueden ser los elementos naturales como la temperatura o la presión atmosférica que condicionan la realización de la acción y que influye en mayor o menor grado en la forma

de aparición del impacto ambiental pero en general estos fenómenos son poco frecuentes que condicionen los proyectos.

La explicación de las principales características físicas de una acción y los efectos generados es la siguiente:

- El signo identifica la acción como beneficiosa para el medio ambiente con signo positivo (+) o perjudicial y destructiva con signo negativo (-).
- La intensidad es el costo inicial o inversión de la acción que producirá un impacto o alteración en el factor ambiental afectado.
- La extensión es el área de influencia de la acción del proyecto.
- El momento es el tiempo que transcurre entre la aplicación de la acción del proyecto y la aparición de los efectos o impactos ambientales.
- La permanencia del efecto es el tiempo que afectará al medioambiente.
- La reversibilidad es la posibilidad de reconstruir o de retornar a las condiciones iniciales del proyecto.

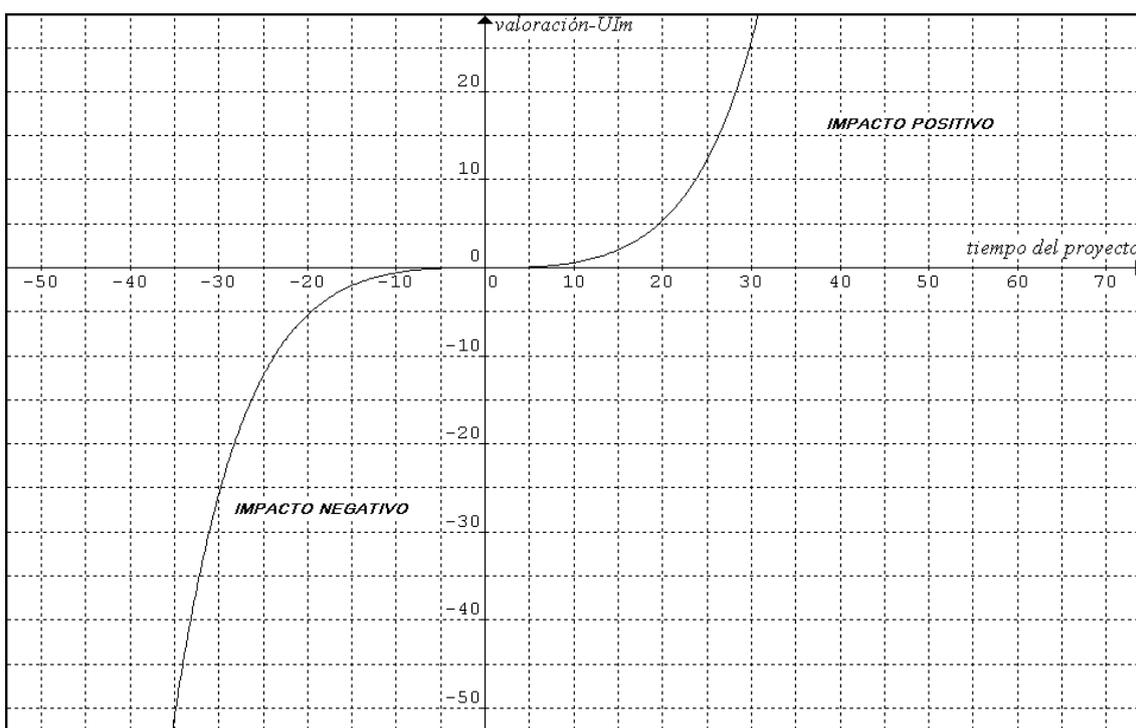
Una acción es el resultado de los factores expuestos. Es así que la acción del proyecto puede definirse en función de su signo, de la intensidad numérica, de su amplitud, del tiempo, la permanencia y opcionalmente la reversibilidad esta acción y que constituyen el fundamento de la *línea del proyecto*.

La conclusión de esta técnica de evaluación representa gráficamente un perfil longitudinal de la acción y del impacto ambiental generado en el tiempo, lo que facilita el análisis y la aplicación de medidas alternativas, o la posibilidad de predecir tendencias futuras con el desarrollo del proyecto.

#### EL SIGNO DE LA ACCIÓN

El signo caracteriza la dirección de la acción del proyecto. Se define como una acción positiva o una inversión beneficiosa para el medio ambiente, por ejemplo acciones en la realización de un proyecto de plantación de árboles o revegetación de un espacio minero degradado. Cuando se realizan acciones o tareas que generaran modificación, pérdida o deterioro de los factores ambientales son definidas con el signo negativo, como por ejemplo la destrucción del paisaje o la pérdida de vegetación por las acciones mineras.

En la siguiente ilustración se muestra la forma de representarlos cuantitativamente en un diagrama de valoración ambiental:



### 1.80 La representación del signo del impacto

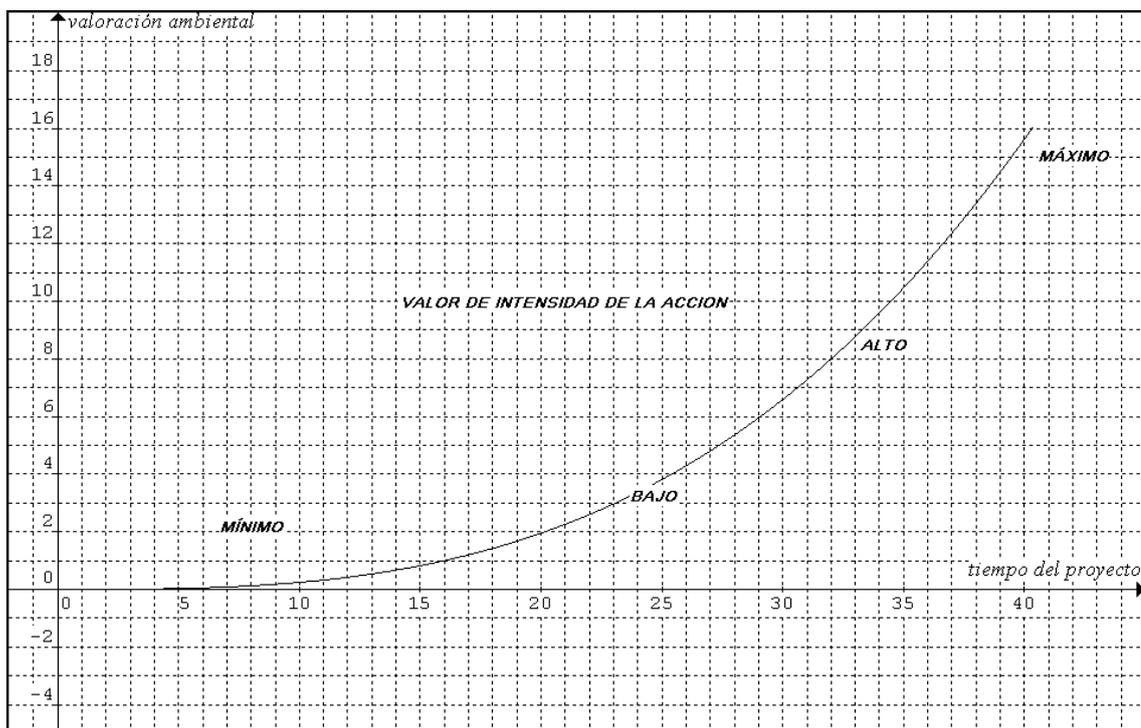
En los impactos ambientales generados por el proyecto, la realización de acciones tendrán un signo positivo o negativo según sea el efecto que producen en la modificación del medio ambiente, o en el caso específico de esta investigación en el factor paisajístico.

#### LA INTENSIDAD DE LA ACCIÓN

La intensidad de la acción del proyecto producirá una alteración o impacto en la valoración ambiental del sistema, en este caso es una acción con de impacto positivo que traducido a términos económicos es una inversión continuada para el mejoramiento ambiental a través de toda la vida del proyecto y que generará impactos positivos.

La magnitud de la intensidad es la variación del indicador ambiental de la acción desde un tiempo cero o sin el proyecto, y que transcurre durante en todo el tiempo de permanencia de la ejecución de la acción sobre el factor ambiental afectado. La extensión de la acción incrementara este indicador ambiental según se vaya desarrollando.

La siguiente ilustración representa la variación de la magnitud de la intensidad de la acción con el tiempo del proyecto. En este caso la magnitud tiene una valoración económica positiva o beneficiosa para el medioambiente incrementándose exponencialmente en el tiempo según se desarrolla la acción de proyecto, generando un impacto ambiental positivo:



### 1.81 La representación de la intensidad

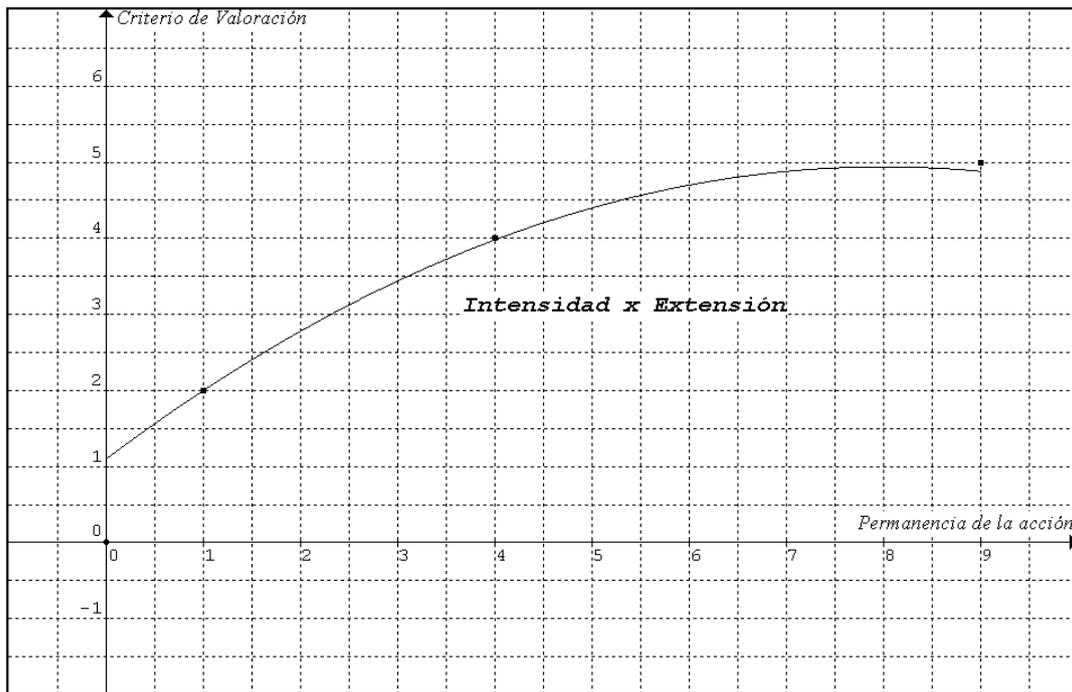
Los impactos ambientales generados por una acción tienen el mismo componente de intensidad descrito para las acciones del proyecto, pero definida en los términos matemáticos por la derivada de la función dibujada.

#### LA EXTENSION DE LA ACCIÓN

El parámetro de la extensión, define el área afectada por el desarrollo de la acción del proyecto.

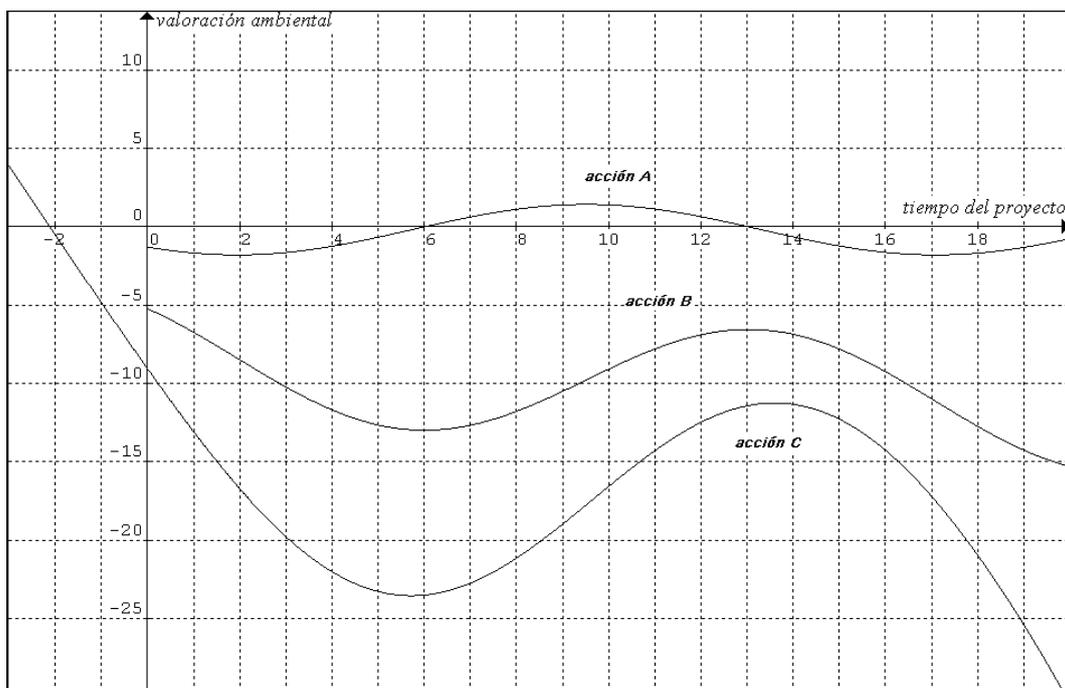
En los casos prácticos expuestos en los diagramas de investigación, la extensión no varía con la magnitud de la acción del proyecto y la permanencia en el tiempo, porque solo es lineal, y es valorada, únicamente, sobre el plano del diagrama XY. Para incluir un valor de la extensión en la acción debe valorarse el efecto sobre el eje Z del diagrama. En el caso supuesto que varíe la extensión o área por la acción del proyecto en el tiempo, el ámbito del impacto generado sería un cálculo matemático más complejo, que puede incluirse como una línea de investigación.

La extensión por la acción del proyecto es un parámetro variable en el tiempo que depende de otras magnitudes físicas, pero será considerado como un factor constante para facilitar el cálculo de los valores de impacto del proyecto en el tiempo. Por lo cual, el factor de la extensión no influirá para las evaluaciones de impacto ambiental del proyecto.



1.82 La intensidad y extensión de la acción

La siguiente ilustración, representa tres acciones simultáneas de valoración visual de un sistema paisajístico que se desarrollan en el proyecto:



1.83 Las acciones simultáneas del proyecto

Las acciones se desarrollan sobre tres factores ambientales distintos, con magnitudes variables pero en un ámbito localizado que determina una extensión constante. La acción A de condición variable, genera impactos alternativos, positivos y negativos, la acción B incluyendo las medidas preventivas, con el resultado de generar impacto negativo, y la acción negativa C que tiene un inicio en la etapa de pre operación del proyecto.

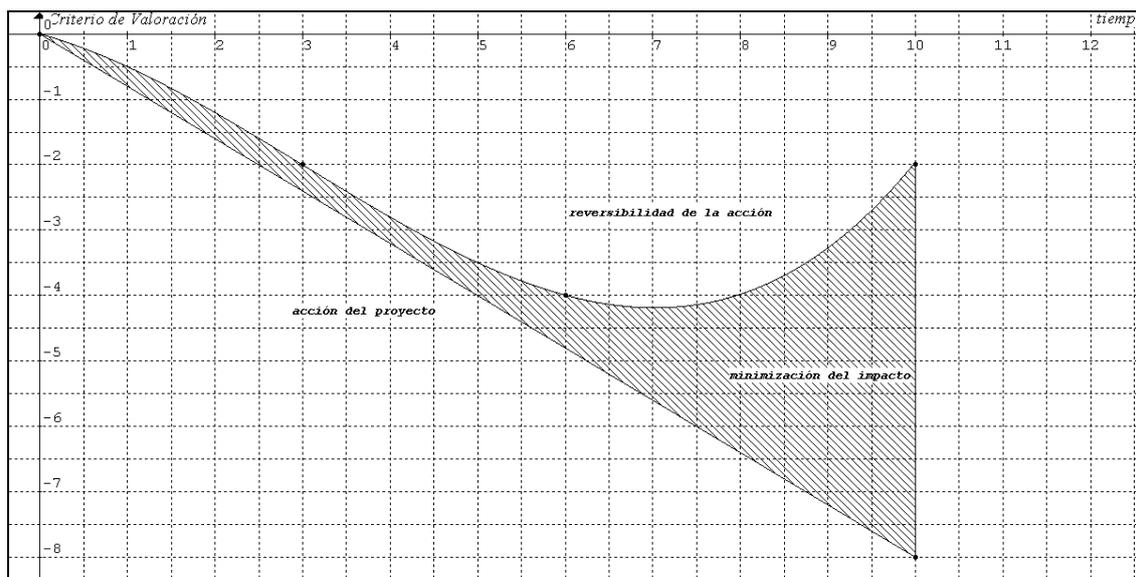
La suma de las valoraciones ambientales de las acciones A, B y C va a producir la valoración total por las acciones del proyecto en el sistema paisajístico, teniendo en cuenta que el peso de las acciones a valorar es el mismo y la aplicación en la extensión es constante.

### LA PERMANENCIA DE LA ACCIÓN

Se refiere al tiempo que dura la aplicación de la acción sobre el factor ambiental afectado. En los proyectos, el tiempo de permanencia está fijado por el inicio y por el fin de la fase de explotación o desarrollo, y pueden contener múltiples acciones, actividades y medidas restauradoras para su integración ambiental en el entorno del proyecto.

### LA REVERSIBILIDAD DE LA ACCIÓN

Se dice cuando el impacto ambiental generado por una acción de proyecto puede ser minimizada o eliminada con una simple medida de aminorar su efecto, dejar de realizar la acción, o ejecutando medidas adicionales con el fin de limitar la actuación. Si esta reversibilidad no se produce al finalizar la acción es necesaria la introducción de medidas restauradoras compensatorias con un coste económico adicional para minimizar los efectos o impactos producidos con el proyecto:



1.84 La reversibilidad de la acción

En la ilustración, se observa la valoración de una acción negativa para el medioambiente y la aplicación de medidas restauradoras que minimizan los impactos ambientales generados por la acción del proyecto. Con el cese de la acción se recuperan los efectos ambientales negativos producidos por el proyecto. El grado de minimización en el impacto generado se representa dibujado como la parte sombreada del diagrama.

El concepto teórico de la reversibilidad o reversión radica en la capacidad de retorno del efecto producido por la acción del proyecto a un estado original o similar, si se elimina su ejecución o las condiciones que lo provocan; de minimizar el grado de transformación, o de permanecer inalterable con el cese de la fuerza de origen.

También, la reversibilidad se puede entender como una propiedad plástica o grado de recuperación ambiental dentro de un rango cualitativo del 0%-100% del efecto inicial. Esta propiedad es utilizada en la recuperación de los pasivos paisajísticos por actividades mineras en el proceso de reversión natural del paisaje.

El cálculo de la reversibilidad de la acción es una variable opcional de la magnitud física de la acción, y es el resultado de multiplicar la intensidad por un coeficiente que varía entre 0 y 1 según el grado que presente la reversibilidad de la acción del proyecto hasta la posición máxima de irreversibilidad absoluta.

En conclusión, se puede definir la acción del proyecto con la fórmula:

La acción del proyecto = signo x intensidad x extensión x permanencia x reversibilidad

Una acción puntual puede definirse en función de las variables ambientales del signo y la intensidad, y minimizando los valores de la extensión, permanencia y reversibilidad de la acción del proyecto.

### 1.4.9.1 EL ALCANCE DEL PROYECTO PAISAJÍSTICO

Un proyecto paisajístico está definido por la zona geográfica donde se realiza la actividad, por ejemplo una cuenca hidrográfica, donde los límites del entorno ambiental son establecidos por los intereses y objetivos del proyecto que se desarrolla o que se quiere desarrollar en el medio físico; en este caso estará definido por el área que limitan los ríos y que pueden abarcar ámbitos diversos como zonas y paisajes de uno o varios proyectos productivos, como agrícolas o mineros, y no productivos, como los pasivos ambientales de actividades productivas en entornos ambientales variados de actuación como las poblaciones o campos agrícolas. A este entorno de actuación lo definiré como un *megaproyecto paisajístico*.

Generalmente, son grandes zonas en las que se planifica un desarrollo paisajístico por lo cual la definición como grandes espacios o megaproyectos, pero también puede realizarse esta planificación en espacios pequeños donde el proyecto o proyectos son de áreas reducidas y definido por una actuación concreta.

El término *sistema paisajístico*<sup>67</sup>, abarca múltiples paisajes físicos, y la forma de valoración es similar a la que se realiza sobre un paisaje determinado con la valoración visual pero agrupados, incluye a todos los factores físicos y socioeconómicos del medioambiente que se interrelacionan con el proyecto; y que, con una teoría integradora lo he definido con el término *paisajístico*.

El proceso de valoración paisajística se basa en una estimación visual numérica de cada uno de los factores que componen el ámbito medioambiental del proyecto productivo que se quiere evaluar. No es una valoración química, ni física de procesos del proyecto, ni de su entorno ambiental; es simplemente, una valoración visual de los contenidos ambientales que diseñan la zona donde se quiere instalar el proyecto productivo.

En la metodología a seguir, como primer punto, es definir los límites geográficos que abarcarán el megaproyecto paisajístico, e identificar los proyectos productivos y no productivos que se desarrollan en la zona, como se dijo anteriormente; las posibles actividades y acciones que se desarrollarán, y los factores ambientales receptores de las modificaciones paisajísticas que se pueden producir.

La zona geográfica del megaproyecto o proyecto paisajístico, según sea el área de actuación, puede incluir varios sub proyectos o parcelaciones por zonas, donde el tratamiento del paisaje se hace de mejor forma, ya sea parcializada y localizada con la actividad del proyecto, que luego se procede a integrar estas evaluaciones paisajísticas en un solo trabajo final. Con este trabajo de parcelación, se consigue realizar un estudio de impactos paisajísticos más detallado de toda la zona geográfica, y puede definirse con más precisión las medidas alternativas a diseñar para el proyecto.

Cabe aclarar, que el término de *impacto paisajístico* puede incluir varios aspectos técnicos en la alteración o modificación del proyecto ambiental, como son los impactos generados en el agua, el suelo, la atmósfera, la vegetación, la fauna y otros factores del medio físico, e impactos sobre el medio socioeconómico como son la renta, la salud o el consumo de la población.

En la siguiente ilustración, y como un ejemplo de localización del proyecto paisajístico, presento un croquis del entorno ambiental y de los pasivos del proyecto minero. Este proyecto minero boliviano, se desarrolló en una zona semidesértica de escaso contenido paisajístico<sup>68</sup>, denominada La Lava, en el Departamento de Potosí, Provincia de José María Linares.

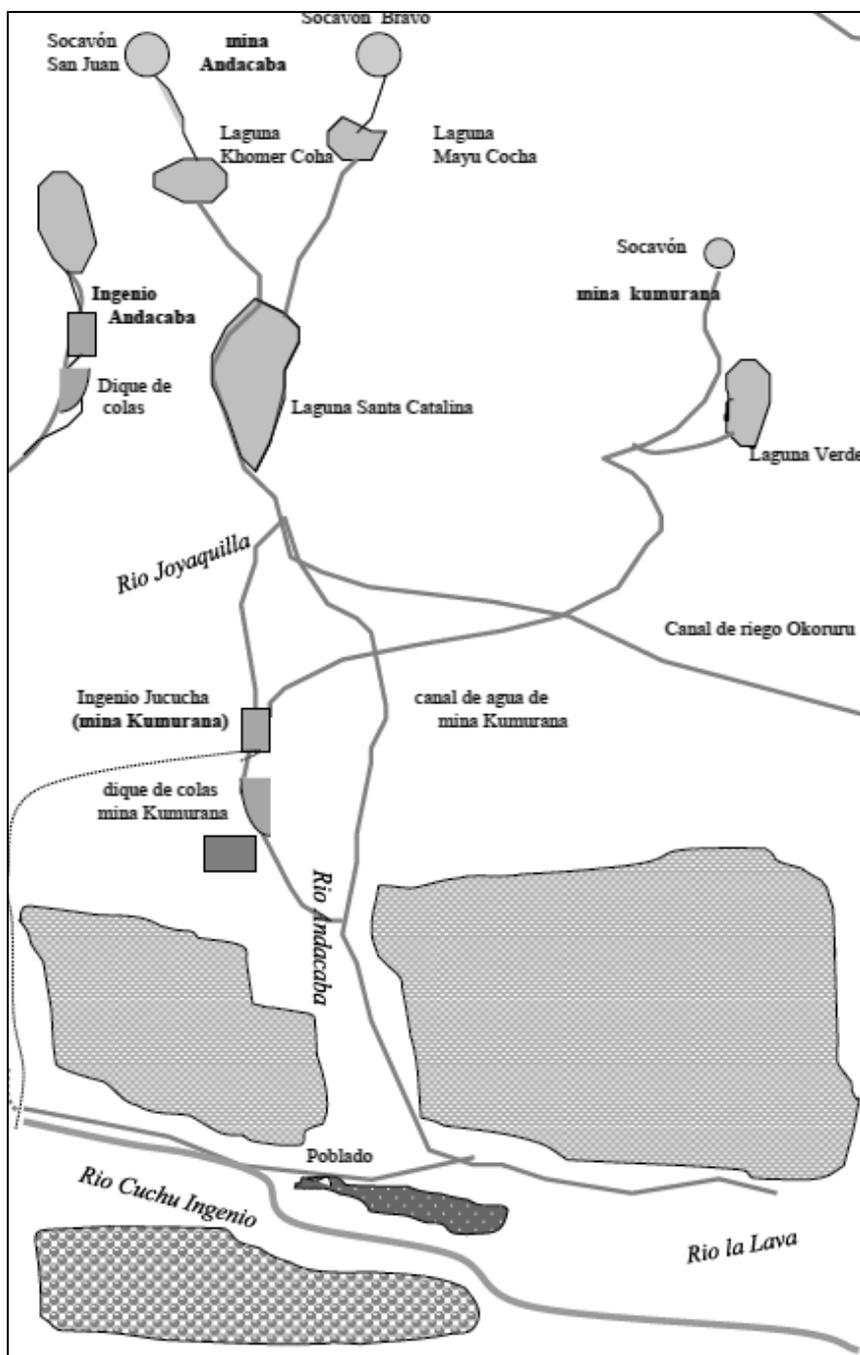
El proyecto, definido como *el sistema paisajístico*, me acompañara en esta investigación como el proyecto ejemplo, y servirá para la aplicación práctica del modelo de valoración paisajística,

---

<sup>67</sup> Definición de sistemas, subsistemas y ecosistemas. CIFCA-1983

<sup>68</sup> Inventario paisajístico realizado con la visita a la zona de estudio

la evaluación de los impactos ambientales generados en la zona de estudio, y para la determinación del factor de sostenibilidad<sup>69</sup>.



1.85 El proyecto paisajístico boliviano

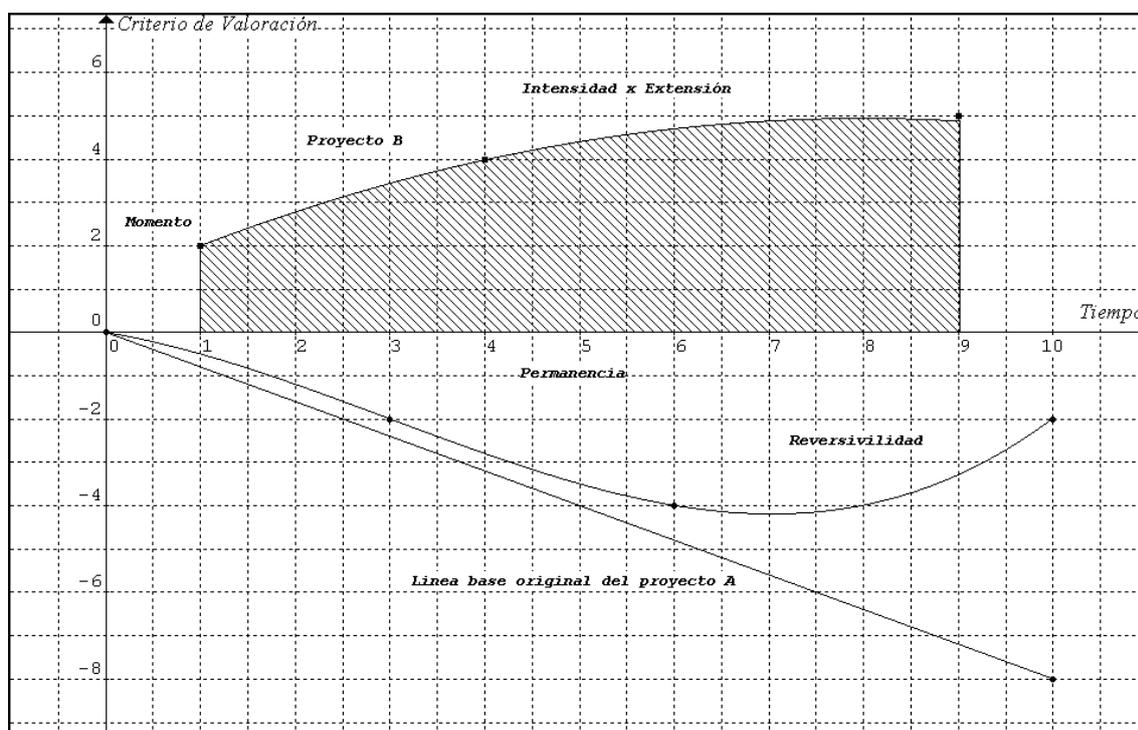
El área de la zona paisajista a estudiar es de aproximadamente unos 50 km<sup>2</sup>. Se puede apreciar dos zonas o proyectos paisajísticos diferenciados. En la parte superior del cuadro la actividad

<sup>69</sup> Dibujo del área de estudio. Este proyecto paisajístico minero se incluyó como base de trabajo en la memoria de investigación

productiva es eminentemente minera conteniendo activos y pasivos ambientales, la zona inferior está constituida por un sistema de producción mayoritariamente agrícola con tierras de cultivo y varios espacios socioeconómicos de la población.

En la siguiente ilustración, se representan las magnitudes y la variación en la valoración visual que sufren los dos proyectos paisajísticos, denominados como el proyecto paisajístico minero A y el proyecto paisajístico agrícola B. Según se modifica la magnitud o momento de aparición de los efectos la línea de proyecto genera un área que es el producto de todas las magnitudes valoradas, el área de aplicación es igual para ambas acciones, pero en la acción A es negativa o perjudicial y en la acción B es positiva o beneficiosa para el entorno ambiental.

La diferencia entre ambos proyectos está determinada por el distinto signo en la intensidad de la acción que se aplica por la variación, en el momento de aparición de los efectos de la acción y por la capacidad de reversibilidad de cada acción de proyecto. Como se explicó, la extensión de ambos proyecto permanece constante en el tiempo.



### 1.86 Criterio de valoración visual del proyecto

Por ejemplo, se puede definir el proyecto A como un proyecto de minería subterránea donde la recuperación del entorno se produce cuando cesa la actividad minera; y el proyecto B como la plantación de vegetación y árboles en una zona minera de regeneración natural donde el tiempo de aparición de los efectos es cuando los la plantación empieza a crecer. El proyecto B, si es el caso de proyectos de acción única, tiene una progresión lineal que suaviza la pendiente

según va transcurriendo el tiempo de permanencia de la acción con la aplicación de medidas restauradoras, y esto puede definirse como la reversibilidad de la acción.

Los impactos paisajísticos generados se minimizan con el tiempo, si estos valores se mantienen constantes o se incrementan como es el caso de otros proyectos mineros abandonados, que incrementan el impacto por los pasivos ambientales. Este efecto quiere decir que no tiene eficacia el mecanismo de reversibilidad del paisaje con el cese definitivo de la acción, lo que haría necesario la aplicación de medidas compensatorias adicionales.

Las principales actividades del proyecto minero y los factores ambientales afectados, son:

Acciones del proyecto minero	Factores ambientales afectados	Condiciones de afectación
Extracción de mineral a cielo abierto	Paisaje y suelo	Permanente
Extracción de mineral subterráneo	Suelo	Permanente
Prospección y pequeñas explosiones	Paisaje, ruido	Temporal
Explosiones, tajos, huecos, voladuras de terreno y construcción de caminos	Paisaje, ruido	Temporal Permanente
Transporte de mineral, material, personal	Paisaje, polvo	Temporal
Edificación, chimeneas y nuevas construcciones mineras	Paisaje	Permanente
Depósito de minerales, relaveras de material minero de deshecho	Paisaje y suelos	Permanente
Almacenamiento de material, equipo y herramientas	Paisaje	Temporal
Canalización de caudales, ríos y lagunas	Paisaje, recursos hídricos	Permanente
Deposición de efluentes líquidos y colas	Suelo y paisaje	Permanente
Tratamiento de mineral, flotación, fundición, trituración gruesa y fina	Ruidos y suelos	Temporal
Compactación de suelos y laderas	Paisaje y suelos	Permanente
Replanteo, desplanteo y nuevas actividades económicas	Medio socio económico Consumo*	Temporal

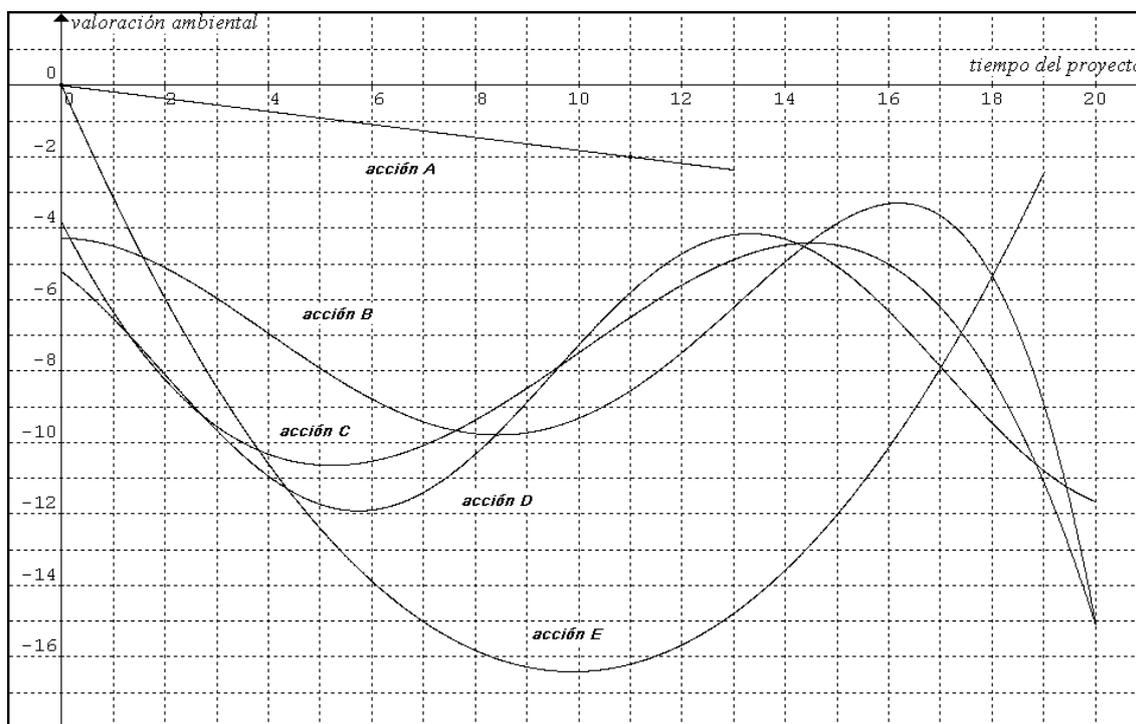
#### 1.87 Las acciones mineras del proyecto

(\*) El factor del consumo es un aspecto socioeconómico que está especificado en la legislación actual de Evaluación de Impacto Ambiental<sup>70</sup>, y su desarrollo estratégico es de gran importancia para el tratamiento de planes y programas ambientales.

En este factor ambiental, se quiere definir aspectos como la generación de basuras, de envases, embalajes, volúmenes de deshechos, desperdicios o materiales mineros, que la acción de almacenaje modifica el paisaje que los contiene, necesitan ser reciclados adecuadamente para que el impacto paisajístico generado sea mínimo. Por estadísticas el volumen de basuras suele ser el equivalente a un 20% del consumo de los productos.

En la tabla anterior, la mayor parte de las actividades y acciones que se desarrollan en la minería modifican el factor ambiental del paisaje, siendo estas condiciones de afectación de forma permanente sin tener la opción de reversibilidad de los efectos producidos. Las magnitudes, como el momento o la reversibilidad de la acción minera, actúan de forma indirecta y no son relevantes para los costos.

En el proyecto minero las actuaciones que se desarrollan son generalmente acciones y tareas simultáneas ejerciendo una modificación global en el factor ambiental del paisaje. Este factor muy sensible y dinámico, es modificado por varias fuentes de origen con las acciones A,B,C,D y E, como se representa en el siguiente diagrama:

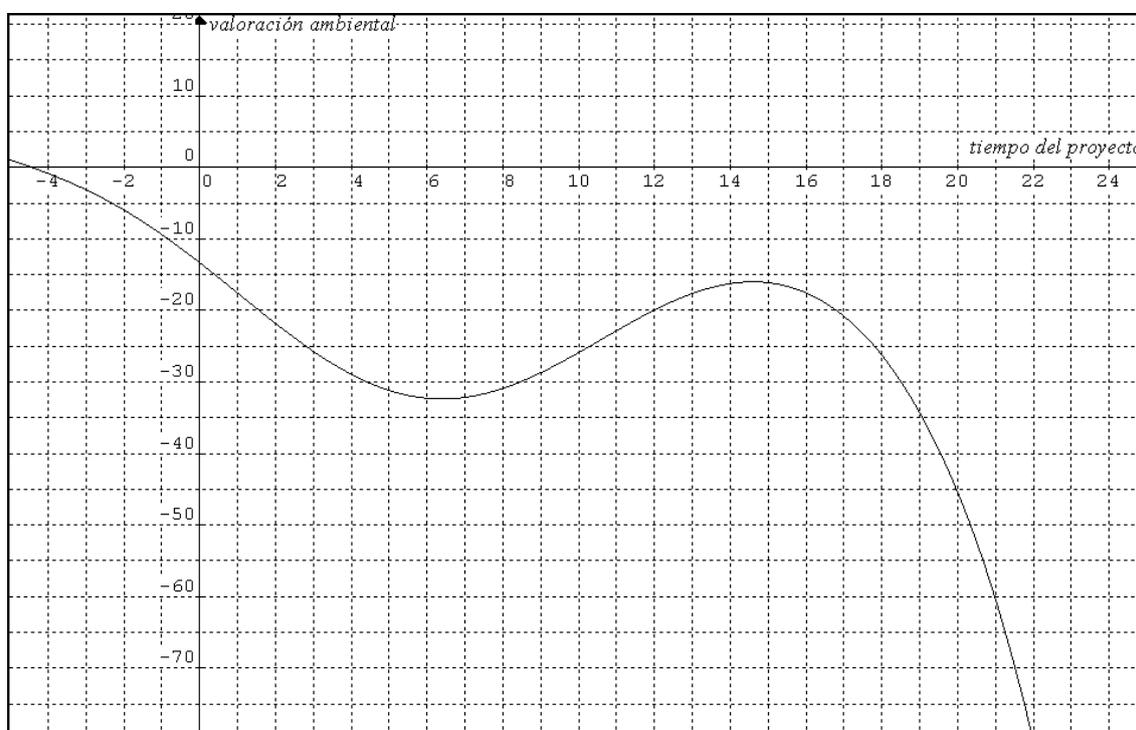


1.88 las acciones mineras en el paisaje

<sup>70</sup> Ley 21/2013 de evaluación ambiental en España, BOE nº 296

Cada acción puede actuar sobre un factor ambiental determinado modificándolo lo que denominaría un acción lineal del proyecto, o pueden hacerlo varias acciones sobre un mismo factor lo que se definiría como una acción conjunta del proyecto sobre el factor ambiental. En el caso del proyecto minero que se representa, las acciones se desarrollan en forma lineal actuando cada una sobre un factor ambiental determinado.

El resultado de las acciones anteriores del proyecto es la suma de las valoraciones parciales de cada acción del proyecto productivo<sup>71</sup>. El resultado final es la valoración negativa del paisaje, que es modificado separadamente por varias fuentes de origen que constituyen las acciones que actúan simultáneamente y se desarrollan generando un impacto paisajístico negativo permanente en el entorno ambiental del proyecto minero, como se observa en la siguiente ilustración:



1.89 El resultado de la modificación del paisaje por la minería

La valoración ambiental de las acciones del proyecto minero tiene un inicio con valores positivos, determinados en el inventario paisajístico de la fase de pre operación; y que en sucesivas actuaciones corroboran la destrucción del paisaje por un proceso físico de acondicionamiento del terreno minero antes del desarrollo del proyecto.

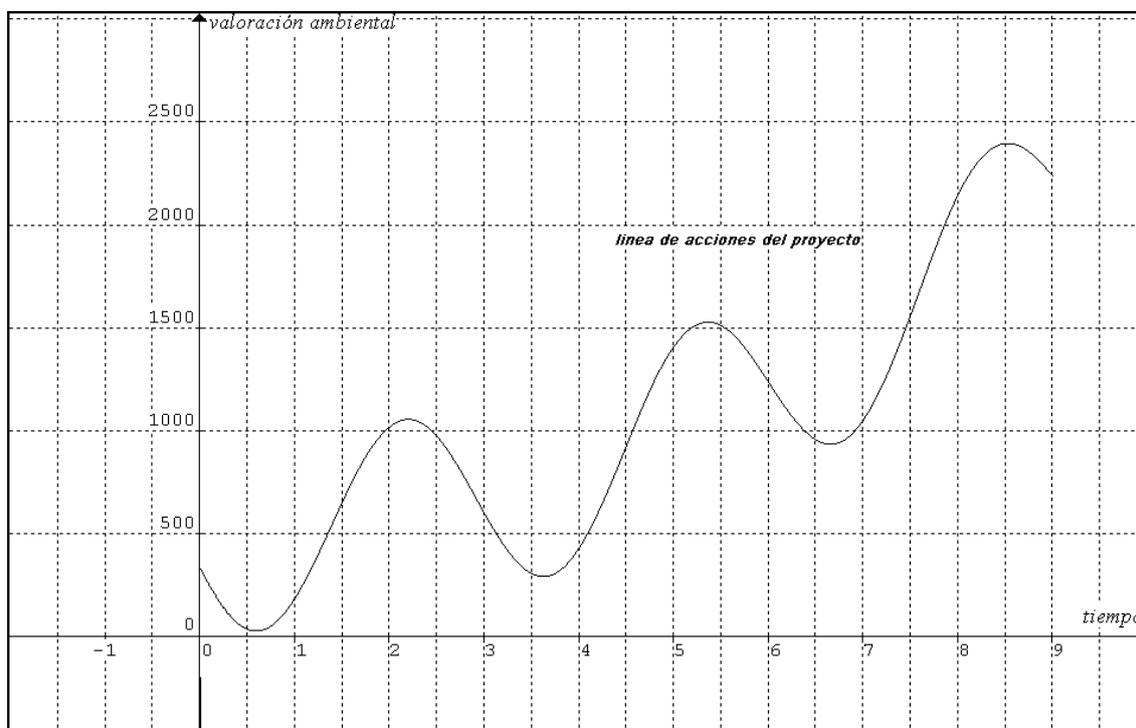
Posteriormente, en fase de operación el paisaje minero sufre alteraciones negativas por el desarrollo de la actividad minera con acondicionamiento de medidas alternativas de recuperación.

<sup>71</sup> Iguales pesos de ponderación

Cada tiempo unitario de desarrollo tiene las referencias gráficas, diagramas y registros de las acciones y de los impactos producidos, que lo identifican en todo momento, como si fuera una señal de identidad propia del proyecto minero, con instrucciones técnicas de desarrollo comparable con el ADN del individuo en la medicina.

Las acciones negativas ejecutadas pueden ser corregidas o minimizadas con medidas preventivas y correctivas, temporales o permanentes, que modifican y recuperan el paisaje generando acciones ambientales positivas y potencialmente acumulativas en el tiempo.

En la siguiente ilustración se muestra el efecto de la modificación oscilante en la valoración del paisaje por acciones positivas del proyecto:

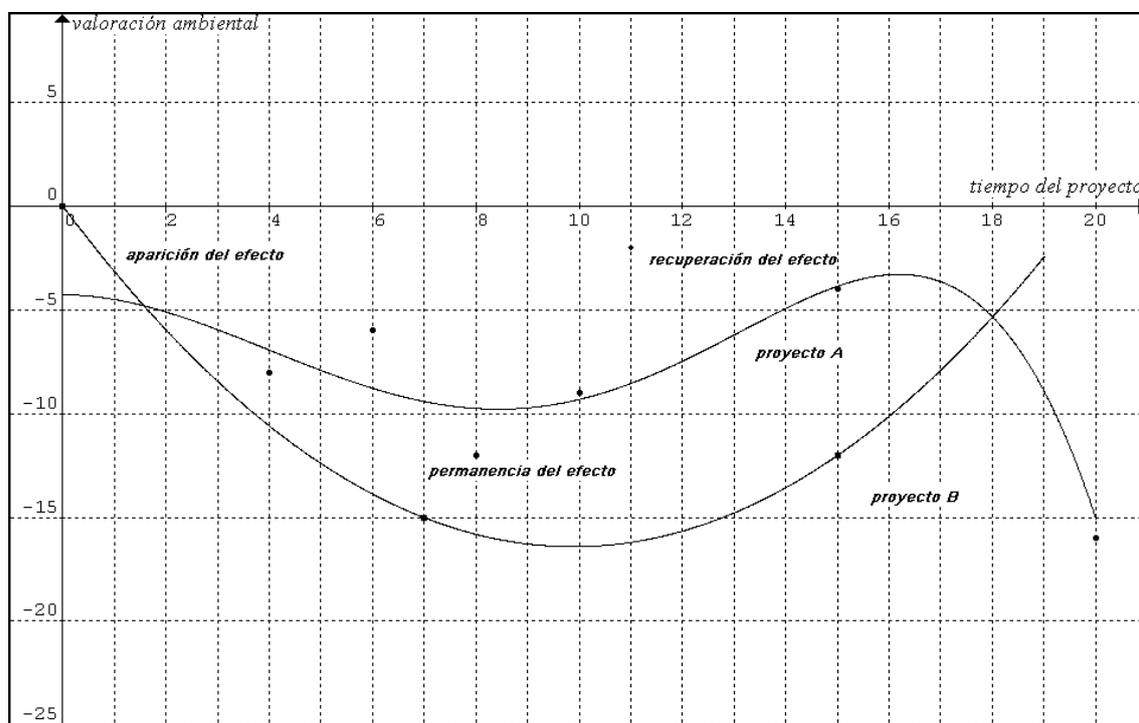


1.90 La modificación del paisaje por acciones positivas

La valoración ambiental inicial por una acción negativa que altera el entorno del paisaje en el proyecto, ha sido corregida con una medida alternativa, dando un resultado positivo o beneficioso, por ejemplo la introducción de un ruido agradable para el espectador; en este caso su efecto es discontinuo y potencial como se ve en la ilustración, proyectando una rentabilidad ambiental sostenida para el proyecto en el tiempo.

En otro ejemplo, se comparan dos proyectos mineros A y B, que modifican el paisaje. El momento de aparición de los efectos por las acciones en un tiempo inicial es el mismo en ambos casos pero con magnitudes de intensidad diferentes, lo que produce diferentes grados de modificación y de impacto sobre el paisaje.

En el inicio, el proyecto A tiene una valoración ambiental negativa producto de acciones anteriores, y el proyecto B parte de un estado neutro en la posición, como se observa en la siguiente ilustración:



### 1.91 La comparación de dos proyectos

En el caso del proyecto A, generará un impacto final residual negativo por efecto de las acciones en las fases anteriores. En la fase de explotación, va suavizándose la pendiente con la introducción de medidas preventivas y correctivas, la intensidad de estas últimas, no son adecuadas lo que origina un incremento, en la fase final de abandono, del impacto paisajístico en el proyecto minero.

En el proyecto B, el impacto inicial es mínimo pero se incrementa con las acciones del proyecto en una función acumulativa en el tiempo hasta introducir medidas correctoras adecuadas donde disminuye sus efectos y provoca la reversibilidad de la acción.

En Ambos proyectos la rentabilidad ambiental no es sostenible, por lo que es necesario aplicar medidas adicionales a los proyectos.

En el caso de los proyectos con pasivos mineros, la propiedad de reversibilidad es de grado cero porque al cese de la actividad minera ha seguido generándose los mismos impactos en el paisaje o incrementándose, como se observa en el proyecto A, con el consiguiente deterioro paisajístico al no haber aplicado las medidas restauradoras adecuadas en el proyecto.

Como conclusión, las principales actividades en los proyectos mineros son las acciones, que su costo o impacto económico de realización engloba las magnitudes de la intensidad, como la inversión económica que se realiza en la acción minera; la extensión que es el área o ámbito donde se realiza la actividad y la permanencia como el tiempo de desarrollo de la actividad. Si las medidas de recuperación no son las adecuadas o no son correctas en forma y tiempo para minimizar las alteraciones generadas, se produce un *impacto residual* que en minería se denominan como pasivos ambientales mineros.

#### 1.4.10 LA VALORACIÓN DE LAS MEDIDAS RESTAURADORAS

En todo proyecto minero donde se ejecutan acciones, hay una fase de aparición de los efectos o impactos ambientales y tiempo de permanencia de estas alteraciones. La aplicación de medidas restauradoras son las que ayudan a recupera la modifican producida y marcan el grado de redención de paisaje.

Generalmente, todo proyecto genera alteraciones o impactos ambientales en la fase de desarrollo, para esto es necesario introducir medidas alternativas de recuperación a fin de minimizar o eliminar los impactos generados, o lo que es lo mismo *restaurar los impactos producidos* por el proyecto. Su valoración ambiental se realiza como si fueran medidas productivas en el proyecto.

Estas medidas restauradoras se dividen:

- Medidas preventivas, la aplicación es anterior a la generación de impactos
- Medidas correctivas, que corrigen o minimizan los impactos generados
- Medidas compensatorias, que ante la imposibilidad de minimizar o eliminar el impacto generado se aplican otras medidas complementarias no directas.

Si con la aplicación de medidas preventivas y correctivas el proyecto sigue presentando impactos importantes que representan una rentabilidad ambiental no sostenida se introducirán medidas compensatorias adicionales mediante una evaluación del daño ambiental que no ha sido absorbido con las medidas restauradoras iniciales<sup>72</sup>.

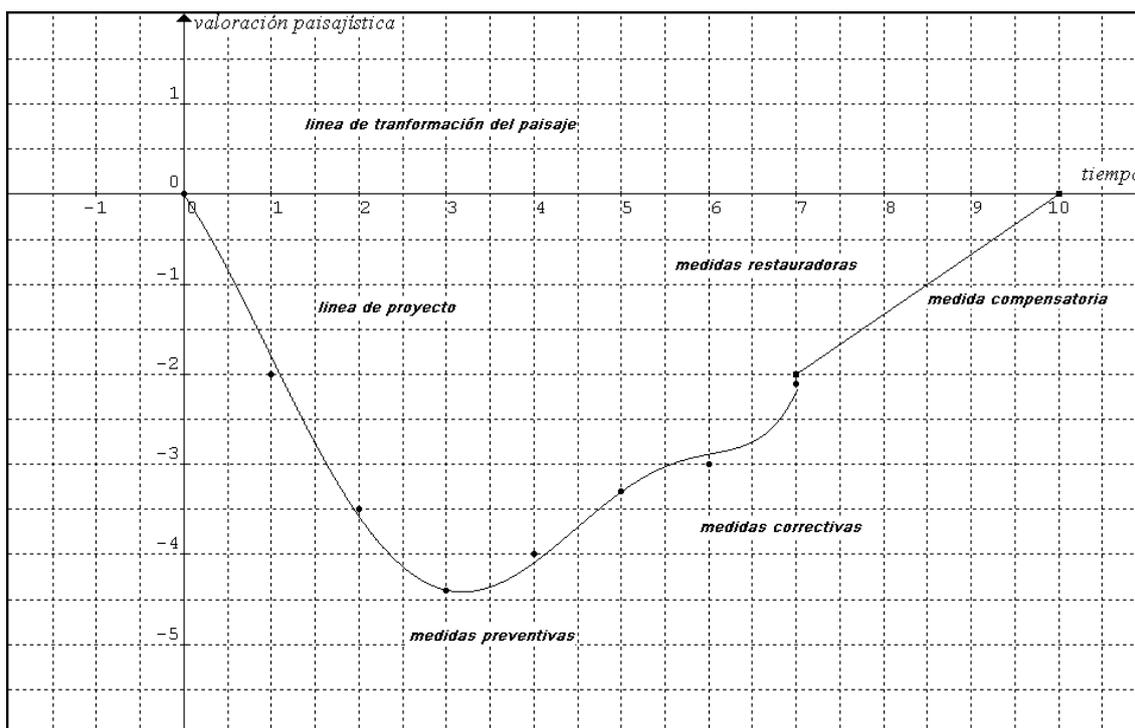
La caracterización de las medidas restauradoras es principalmente:

- Medidas restauradoras temporales o permanentes
- Medidas restauradoras instantáneas o a medio y largo plazo
- Medidas restauradoras simples o acumulativas.
- Medidas restauradoras periódicas o continuas.

En la siguiente ilustración, están representados puntos de valoración paisajística de un proyecto minero, con rentabilidad ambiental sostenida por la aplicación de medidas preventivas, correctivas y compensatorias al proyecto:

---

<sup>72</sup> Según los proyectos también se definen como medidas mitigadoras



### 1.92 Las acciones y medidas restauradoras del proyecto

Las medidas compensatorias que se aplican al proyecto, son complementarias a las medidas preventivas y correctoras a introducir inicialmente. Si se prevé que los impactos ambientales generados son de extrema gravedad y no pueden ser eliminados con las medidas restauradoras preliminares, se procederá a aplicar otras medidas alternativas como es la detención total del proyecto.

Pero, las medidas compensatorias más efectivas en los proyectos productivos, suelen ser la aplicación de programas alternativos medioambientales de reciclaje, energías renovables y otros relacionados. Las acciones de reciclaje se realizan sobre materiales diversos como residuos orgánicos, papeles, cartones, aceites, envases, embalajes, material quirúrgico, químico, contaminado, radiactivo, escombros, basuras inorgánicas y otros con variedad de usos tecnológicos.

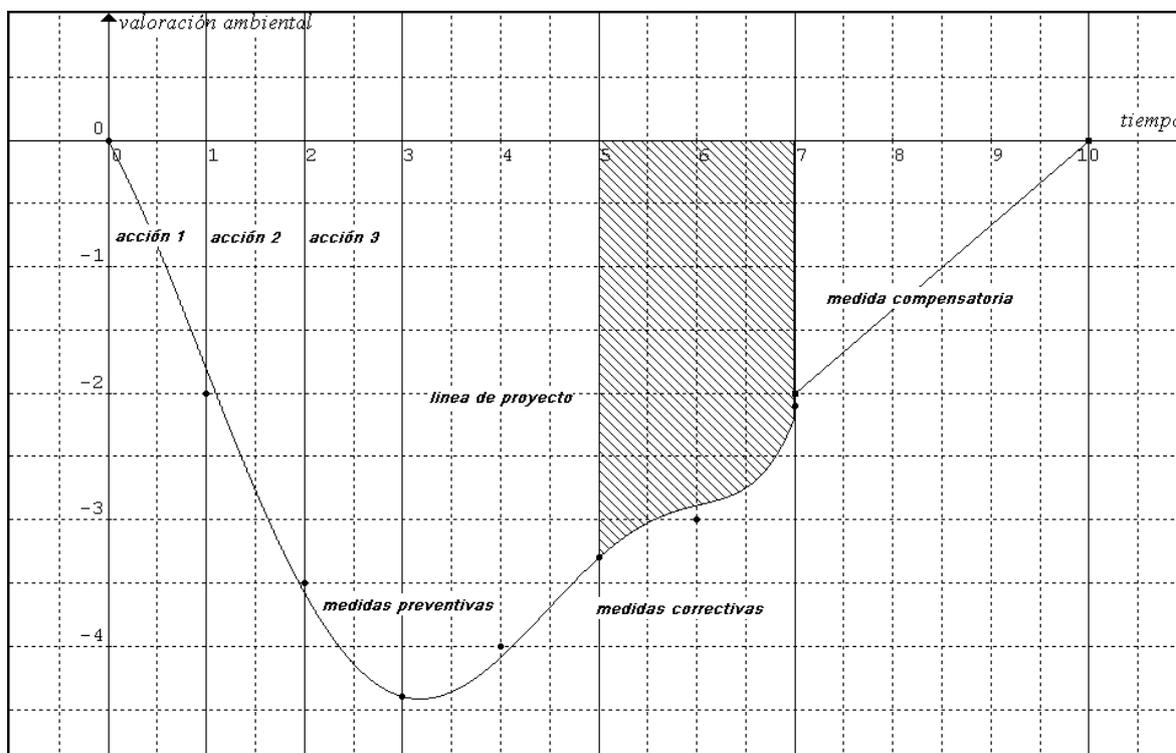
Una alternativa a estas medidas compensatorias es la introducción de elementos de adorno arquitectónico en el paisaje como el material de desecho o de residuos reciclados.

En otro ejemplo, se detalla la transformación de la trayectoria de proyecto según las acciones y las medidas restauradoras propuestas en el proyecto anterior.

Se desarrollan tres acciones productivas sobre el paisaje, con los impactos ambientales correspondientes. Para conseguir la rentabilidad ambiental sostenida del proyecto, se aplican tres medidas restauradoras, preventivas, correctivas y compensatorias, que van a originar el cruce de la línea del proyecto con el eje X. Este efecto hace que la valoración ambiental final

de la trayectoria sea cero, lo que quiere decir, que se logra eliminar la valoración negativa producida por las acciones del proyecto.

En el diagrama, la zona sombreada representa la valoración ambiental de la medida correctiva aplicada en el tiempo 5-7 del proyecto minero:



1.93 Las acciones y medidas restauradoras del proyecto (continuación)

La explicación reside que para que las acciones productivas y las medidas restauradoras del proyecto estén integradas y no existan alteraciones ambientales relevantes, la sumatoria o valoración final de estos impactos, en el diagrama, deben ser mayores o iguales a cero, sean las modificaciones positivas o negativas. Así el proyecto se define como *ambientalmente sostenido*<sup>73</sup>.

Estas medidas restauradoras, preventivas, correctivas y compensatorias al proyecto, pueden sintetizarse en una matriz cronológica y ordenada según se vayan generando los impactos y se introduzcan las medidas alternativas al proyecto, con el objetivo de conseguir su sostenibilidad.

El resultado de esta técnica de evaluación es la elaboración de un sistema de gestión ambiental especificando los parámetros, y ajustado al proyecto:

<sup>73</sup> El Sexto Programa Comunitario de Medioambiente dice: “se elaboraran estrategias para la gestión de la sostenibilidad”, incluye medidas complementarias en los proyectos como el reciclaje en materia de residuos y disminución del consumo.

Código	Actuación	Coste	tiempo	Ámbito	Observaciones
A1	Acción nº 1				
A2	Acción nº 2				
A3	Acción nº 3				
Mp1	Medida preventiva nº 1				
Mp2	Medida preventiva nº 2				
Mcr1	Medida correctiva				
Mcm1	Medida compensatoria				

#### 1.94 El plan de gestión ambiental del proyecto

Así, se consigue una herramienta efectiva de trabajo mediante un plan de gestión ambiental adecuado y definido, que incluye las referencias técnicas, una programación cronológica y detallada de las acciones y tareas a realizar, las medidas preventivas, correctivas y compensatorias a ejecutar, su costo, el tiempo y la forma de aplicación en el proyecto.

La forma de presentación de este plan en la gestión paisajística del proyecto puede ser:

Código de la tarea <sup>74</sup>	Acción impactante	Factor paisajístico afectado	Tiempo de la medida restauradora	Costo de la medida	Síntesis de compromiso
B1	Acción nº 1				
B2	Acción nº 2				
B3	Medida preventiva				
B4	Medida correctiva				
.....	.....				

#### 1.95 El plan de gestión paisajística del proyecto

La valoración paisajística en el sistema de gestión del proyecto, puede definirse como una identificación propia y exclusiva de la actividad económica que se desarrolla y de las modificaciones paisajísticas que genera, como si se tratara de la identidad del proyecto con nombre, apellido y su trayectoria en el tiempo.

<sup>74</sup> Método Pert, consultar ilustraciones 1.99 y 1.100

La representación gráfica, mediante diagramas de valor lo hace identificable y diferenciable de otros proyectos con similares características, técnicas paisajísticas o de desarrollo de la explotación.

El nombre, lo determina el valor de intensidad y el ámbito de la extensión que acompaña a toda acción. El apellido estaría definido por la permanencia en el tiempo de la actuación; y el momento que describe el inicio y fin de la actividad, o la propiedad de reversibilidad de la acción, determina la trayectoria de desarrollo que identifica al proyecto.

La forma de trabajo en la valoración ambiental del proyecto radica en definir las magnitudes de impacto, la intensidad, la extensión, el momento, la permanencia y la reversibilidad de las acciones y actuaciones del proyecto. Estas magnitudes deben estar relacionadas con el valor económico, costos o inversiones de la actuación, y serán directamente proporcionales en función de la fuerza, esfuerzo, energía y otras magnitudes físicas empleadas en la valoración por la ejecución, realización o desarrollo.

Impacto ambiental (valoración)  $\Leftrightarrow$  costo económico de la acción

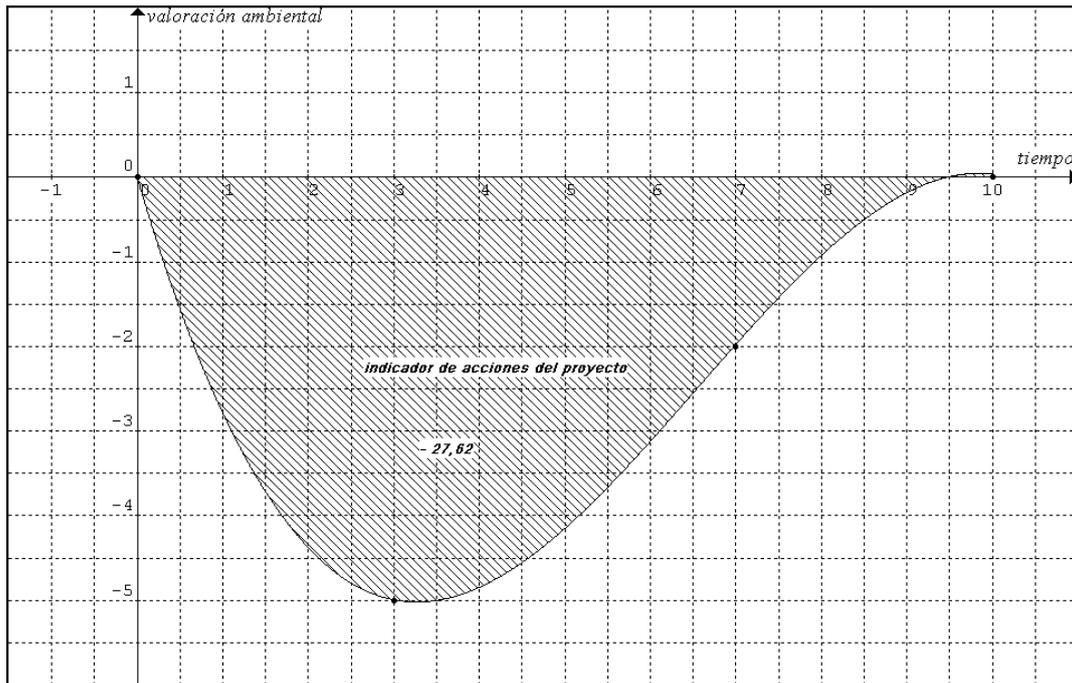
Estos valores se aplican a cualquier actividad que produzca una modificación o impacto, sean acciones productivas o restauradoras. Para aplicar el costo unitario en acciones restauradoras del proyecto, debe estar dirigida al coste real que se invierte en la ejecución de la medida, sea esta preventiva, correctiva o compensatoria, y debe estar representada en el diagrama con la definición del signo y por la misma cantidad pero sin unidades de la medida a aplicar.

La valoración total de las medidas es la suma parcial de los costos directos que se aplican a cada acción restauradora. El resultado final, es el costo total del proyecto en el proceso de recuperación; o la inversión realizada en las medidas restauradoras; que, en el caso de la actividad minera, será el costo real realizado en ejecutar acciones directas en el paisaje del proyecto.

Una diferencia del indicador de impacto ambiental con el indicador de la acción restauradora se puede definir en unidades de impacto<sup>75</sup>, que están determinadas por la valoración del impacto paisajístico en el proyecto referido directamente a las magnitudes de alteración como la intensidad, la permanencia y extensión de las acciones del proyecto en los factores paisajísticos en estudio.

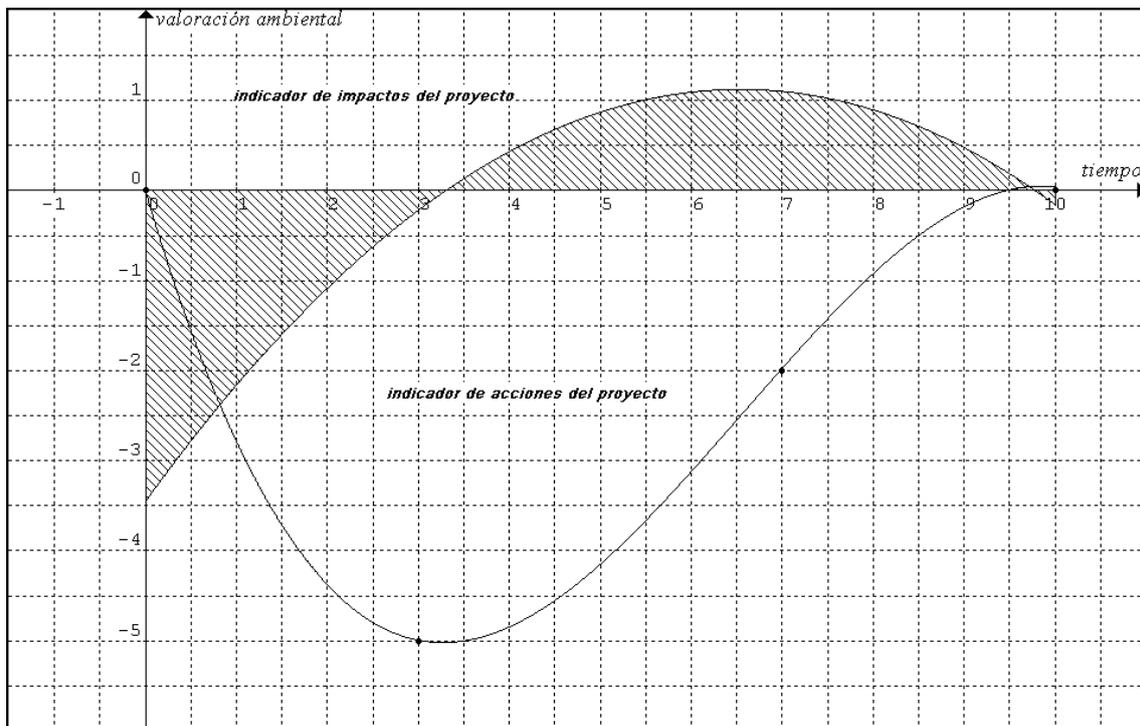
En la siguiente ilustración, se representa esta teoría de valoración ambiental; el proyecto tiene un costo total en acciones negativas y medidas correctivas de 27,62 unidades, que definen la valoración ambiental del proyecto. El valor representa la destrucción del paisaje con la acción y la aplicación de la medida correctiva en el tiempo de operación, por ejemplo diez días. Esta valoración será definida como la inversión o costo de la acción del proyecto que afecta, y produce un impacto negativo sobre el factor paisajístico.

<sup>75</sup> Unidades paisajísticas de impacto ( $\mu\text{lpm}$ )



1.96 La valoración de las acciones y medidas del proyecto

En este caso, se aplicaron medidas correctivas con el objetivo que el proyecto tenga una rentabilidad ambiental sostenida en la evaluación final de impactos en todo el tiempo de operación, como se muestra en el siguiente diagrama:



1.97 La valoración de impactos paisajísticos del proyecto

## 1.5 LA SINTESIS METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN

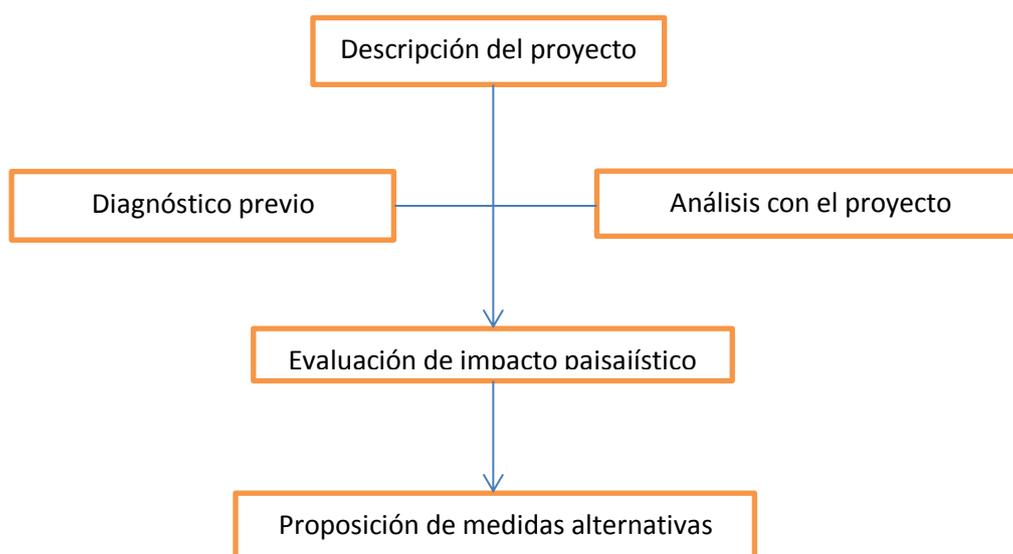
En todo proyecto se planifican actividades, tareas, objetivos y metas para lograr los resultados adecuados que se quieren obtener con el trabajo. Los datos y circunstancias que se utilizarán en esta planificación deben de ser lo más realista posible para lograr los resultados propuestos y conseguir el objetivo final del proyecto, que generalmente es un beneficio económico compartido con el propósito medioambiental de lograr una *rentabilidad sostenida*.

Es necesario plasmar estos fines en un modelo de procedimiento de evaluación estratégica del proyecto con el objetivo de identificar, proponer y justificar las alternativas eficaces que se presentan al proyecto, en el proceso de valoración.

La metodología para la evaluación estratégica de las actividades, acciones, medidas de recuperación del paisaje y de los impactos paisajísticos del proyecto, debe contemplar:

- La descripción del proyecto
- El diagnóstico paisajístico previo
- El análisis paisajístico con el proyecto
- La evaluación del impacto paisajístico
- La propuesta y análisis de medidas alternativas eficaces de recuperación

El documento requiere una información detallada y real de los aspectos técnicos, económicos y ambientales que influirán en el desarrollo del proyecto y el ámbito medioambiental donde se desenvuelve. Debe incluir principalmente los datos relativos a los costos o inversiones productivas y de consumo ambiental que se realizarán con el proyecto, el ámbito de aplicación, los tiempos de operación y ejecución, las acciones y funciones a desarrollar, las medidas restauradoras a implementar y los factores ambientales afectados.



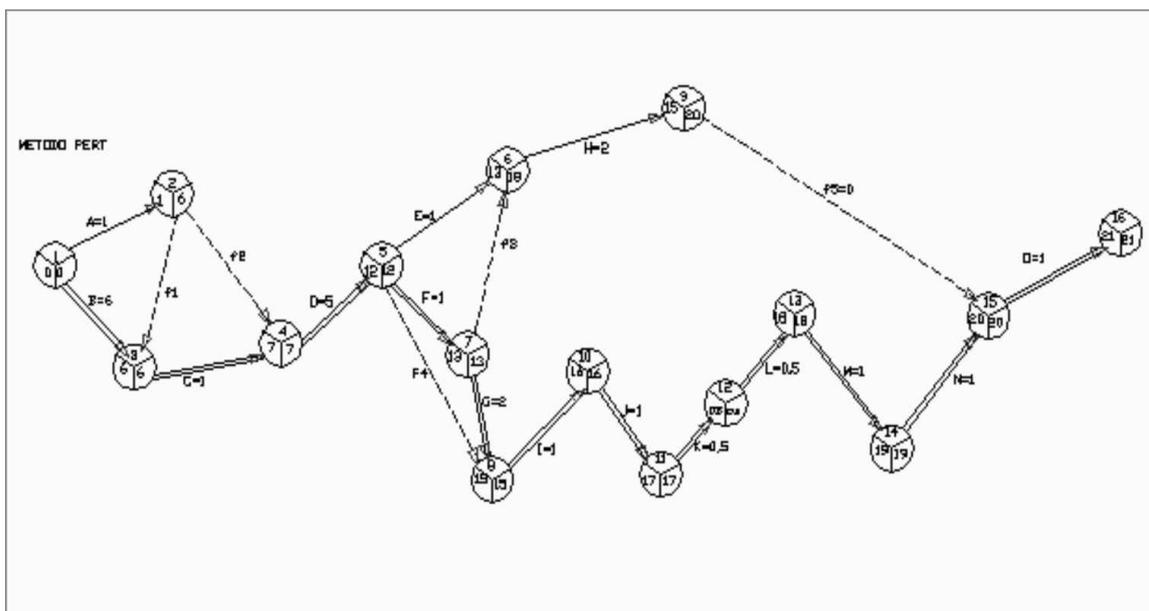
1.98 La metodología de evaluación paisajística

En la programación de actuaciones y acciones de valoración del proyecto paisajístico, se utilizó la técnica PERT, siguiendo las pautas metodológicas para la planificación de la evaluación estratégica, el análisis del procedimiento, y los tiempos de ejecución:

Valoración paisajística del proyecto	Tarea precedentes	sucesos vertices	tiempos			PERT	early	last	Holgura	Holgura	camino			
			optimista	mas probable	pesimista		ti	tj			Hi	H t	critico	H libre
inicio							0	0	0					
Descripción del proyecto	A	-	1-2	1	1	2	1	1	6	5	5	-	0	0
identificación de acciones	B	-	1-3	4	6	10	6	6	0	0	cc	-1	-6	
definición del ambito de referencia-TOR	C	A,B	3-4	0	1	1	1	7	7	0	0	cc	0	0
Diagnóstico del paisaje previo	D	A,C	4-5	3	5	6	5	12	12	0	0	cc	0	0
identificación de factores ambientales	E	D	5-6	1	1	2	1	13	18	5	4	-	0	0
identificación de efectos ambientales	F	D	5-7	1	1	2	1	13	13	0	0	cc	-1	-6
caracterización de efectos	G	F	7-8	1	2	2	2	15	15	0	0	cc	0	0
Análisis del paisaje "con" el proyecto	H	E,F	6-9	1	2	2	2	15	20	5	5	-	-2	-2
predicción de magnitud de efectos	I	F,G	8-10	0	1	1	1	16	16	0	0	cc	0	-5
Evaluación del impacto paisajístico	J	I	10-11	0	1	1	1	17	17	0	0	cc	0	0
enjuiciamiento de los impactos	K	J	11-12	0	0,5	1	0,5	17,5	17,5	0	0	cc	0	0
valoración final de los impactos	L	I,K	12-13	0	0,5	1	0,5	18	18	0	0	cc	0	0
proponer medidas correctoras	M	L	13-14	1	1	2	1	19	19	0	0	cc	0	0
valoración de los impactos corregidos	N	M	14-15	0	1	1	1	20	20	0	0	cc	0	0
establecer programa de vigilancia ambiental	O	N	15-16	1	1	2	1	21	21	0	0	cc	0	0
											*tarea o final de tarea			
camino critico: 1-3-4-5-7-8-10-11-12-13-14-15-16														

1.99 El método PERT (Tabla)

La representación de las actividades a desarrollar en la evaluación estratégica del proyecto<sup>76</sup>:



1.100 El método PERT (gráfico)

<sup>76</sup> Consular ilustraciones 1.93, 1.94 y 1.95

### 1.5.1 LA METODOLOGIA DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO

El título del proyecto minero debe definir claramente los aspectos generales y el ámbito de la actuación que se va a realizar con el estudio, como definir el elemento emisor y receptor principal de impacto ambiental que se producirán con la realización de la actuación. Esto considera lo referente al título del lugar, la acción a realizar y el efecto del impacto a investigar, en un formato *proyecto xxxx yyyy "título"*, para poder diferenciar el proyecto con características y estudios similares.

En el caso de este estudio, el término *paisajístico* define el impacto a considerar y el entorno a valorar, el término *minero* las acciones que se van a evaluar y se acompaña del título de la zona de la actuación. Es importante aclarar que el proyecto puede abarcar aspectos tan variados como el medio físico o socioeconómico del medioambiente, como diversas actividades productivas, por lo que es necesario realizar una correcta identificación de los lugares y medios emisores o receptores que originan las modificaciones paisajísticas en el proyecto.

La metodología de evaluación<sup>77</sup>, como un listado de síntesis del procedimiento a realizar por parte del equipo evaluador, debe incluir aspectos relevantes del proyecto en la evaluación ambiental; el nivel de detalle será definido por la trascendencia y la importancia de las modificaciones en el entorno paisajístico donde se desarrolla, y el objetivo final del estudio será conseguir un grado adecuado de sostenibilidad o rentabilidad ambiental del proyecto<sup>78</sup>.

#### I PARTE: DIAGNOSTICO GENERAL

La primera parte del estudio de evaluación se tiene que reflejar las características generales del proyecto, el título, la descripción, ubicación, los datos técnicos del proyecto y paisajísticos del entorno donde se desarrolla, el diagnóstico previo y actual con datos de producción, consumo ambiental y técnico de la explotación minera, y las medidas restauradoras a incluir en el proyecto.

Detallando estos aspectos:

##### 1) LAS CARACTERISTICAS GENERALES DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO MINERO:

- Definir las dimensiones y límites geográficos y paisajísticos del área en estudio
- Establecer latitud, longitud, área, perímetro del proyecto
- Establecer la localización, ubicación y extensión del proyecto
- Definir los riesgos ambientales del área, limitar zonas de uso antiguas y nuevas

---

<sup>77</sup> Propuesta metodológica para el estudio del paisaje integrado (Ibarra, 1993)

<sup>78</sup> La ley 21/2013 de evaluación ambiental incorpora criterios de sostenibilidad y la toma de decisiones estratégicas en los proyectos, a través de la evaluación de los planes y programas ambientales

## 2) EL DIAGNOSTICO TÉCNICO DEL PROYECTO MINERO

- Descripción de las acciones mineras que se desarrollarán
- Definición de los elementos emisores de impactos ambientales
- Antecedentes de la actividad minera
- Identificación y descripción de la problemática ambiental
- Descripción y justificación
- Datos de localización, área, altitud, extensión, orientación y tamaño
- Datos generales del proyecto minero y del requerimiento de servicios
- Descripción del equipo utilizado en el proceso minero
- Descripción de las instalaciones mineras
- Descripción detallada del proceso minero/metalúrgico.
- Descripción detallada del consumo de agua, energía, luz y otros.
- Descripción detallada de los efluentes, relaves, escorias y material de deshecho
- Tipificación y caracterización del medio físico del proyecto
- Las referencias medioambientales de la zona
- Inventario y diagnostico paisajístico de la zona
- Datos de localización, ubicación y zonificación del área
- Descripción del sistema geográfico con datos de altitud, pendientes, hundimientos y profundidades
- Descripción topográfica de la zona
- Descripción de la geología y mineralogía de la zona
- Descripción de hidrogeología e hidrología
- Datos de temperatura, clima y líneas de sol con datos en el periodo anual
- Descripción de la fauna y flora en la zona como especies existentes y abundancia, cubierta vegetal, estratos y otros
- Aspectos climáticos: lluvia, viento y temperatura
- Aguas superficiales y subterráneas, volumen, patrón de drenaje y otros
- Descripción de los aspectos socioeconómicos, turísticos y ecológicos
- Núcleos de población próximos
- Descripción de las actividades
- Trafico por vías próximas, accesos, frecuencia y otros
- Infraestructuras, caminos, postas médicas, estacionamiento, ferrocarril y otros datos
- Usos del suelo detallando la actividad agraria, ganadera, industrial, minera y forestal
- Datos históricos, arquitectónicos, monumentos, restos arqueológicos, cementerios
- Actividades económicas dominantes y potenciales
- Datos de migración de las poblaciones
- Referencias de localización y producción industrial
- Referencias de consumo ambiental
- cronología de las inversiones del proyecto
- determinación de inversiones en las acciones del proyecto

- cronograma de las acciones (secuencia histórica)
- documento fotográfico de la zona

### 3) EL ANÁLISIS PAISAJÍSTICO DEL PROYECTO MINERO<sup>79</sup>:

#### A. ANALISIS DE LOS CONDICIONANTES DEL PAISAJE PREVIO:

- Definición de la calidad de los elementos visuales de la zona
- Definición de la fragilidad paisajista de la zona
- Los factores perceptivos más importantes a considerar
- Los factores histórico culturales y de costumbres existentes
- La aptitud de absorción del proyecto
- La capacidad de respuesta del medio físico
- El acceso a la observación potencial y visual de la zona
- Descripción de los factores biofísicos como densidad y estacionalidad de la vegetación, enmascaramiento, contraste cromático, pendientes, zonas de sombra, alargamiento de formas entre otros factores
- Los factores de visualización de la zona como el tamaño y forma de cuenca
- Definición del alcance de las vistas, distancias y altura
- Análisis de la pérdida de nitidez en las vistas
- Definición de ángulos de incidencia visual
- Definición de la intrusión visual
- Definición del contraste visual
- Definición de la dominancia visual

#### B. DIAGNOSTICO GENERAL DEL PAISAJE ACTUAL:

- Análisis global de la información y valoración del paisaje de la zona
- Situación comparativa de las unidades naturales de paisaje local y regional
- Estado real del paisaje de la zona, incluyendo análisis de sensibilidad, capacidad de absorción de la actividad minera, homogeneidad, entre otros
- Plano de la cuenca visual (recomendable escala 1:200)
- Definición de los elementos generadores de impacto visual
- Definición de los elementos receptores impactados
- Definición de los condicionantes paisajísticos que intervienen en la modificación del paisaje por el proyecto

---

<sup>79</sup> Esta actividad se completa con el trabajo de campo

- Referencias al factor de ajuste en los condicionantes del paisaje
- Cronología histórica de vistas del proyecto

#### 4) DISEÑO DEL PROGRAMA DE RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA:

- interpretación de los gráficos y alternativas de impacto ambiental del proyecto
- diseño de estrategias y objetivos de sostenibilidad ambiental del proyecto
- establecer medidas preventivas y protectoras en acciones
- establecer medidas correctoras posterior a las acciones
- establecer medidas mitigadoras o de minimización de acciones
- establecer medidas compensatorias a las actividades y acciones
- análisis y valoración ambiental de las medidas restauradoras propuestas
- conclusiones y resultados

## II PARTE: LA EVALUACIÓN PAISAJÍSTICA DEL PROYECTO

Esta segunda parte del estudio de evaluación se realiza en el gabinete con el soporte de la legislación ambiental competente y la ayuda del equipo informático necesario. Comprende todos los cálculos, valoraciones y análisis en el proceso de evaluación paisajística del proyecto minero y el rediseño de las medidas complementarias en el caso de no haber logrado una *rentabilidad ambiental sostenida* del proyecto con las medidas restauradoras contempladas.

La normativa ambiental utilizada para evaluar el proyecto debe contemplar todos los aspectos y parámetros definidos en el diagnóstico técnico y los factores ambientales que serán impactados por el proyecto en su desarrollo. Debe estar actualizada y tener referencias de los organismos que intervienen.

#### 5) LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO PAISAJÍSTICO DEL PROYECTO:

- evaluación integral de los impactos paisajísticos del proyecto incluidos en la legislación ambiental competente
- cálculo de las variables de impacto económico de las acciones del proyecto
- establecer los indicadores del proyecto, producción y consumo paisajístico
- cálculo de las variables de valoración
- cálculo de la línea de trayectoria del proyecto. Integral, derivada y puntos críticos
- cálculo del impacto total y definición de sostenibilidad. Rediseño
- análisis estadístico del impacto del proyecto
- interpretación de los gráficos estadísticos y mapas

Se concluye el trabajo de evaluación paisajística con la elaboración del documento final incluyendo las conclusiones y recomendaciones al proyecto minero, y una ficha resumen de la evaluación ambiental realizada.

#### 6) EL INFORME FINAL:

Este informe puede ser documentado o gráfico, e incluye las conclusiones y recomendaciones al estudio paisajístico del proyecto minero incluyendo Información complementaria como vistas, croquis, diagramas y fotografías que ayudarán a valorar el estudio realizado. También puede contener el análisis detallado del proyecto paisajístico, por ejemplo, el estudio de la rentabilidad ambiental sostenida del proyecto.

Es recomendable realizar un banco de datos mediante fichas resumen de evaluación de los proyectos mineros para hacer una la localización y comparación rápida de los estudios o bien de las acciones y medidas a implementar en la zona que ayudarán a obtener resultados más eficaces en los proyectos y su relación con el medioambiente.

### 1.5.2 LA FICHA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO

La ficha ejemplo de un proyecto minero, es el informe resumen de la evaluación paisajística practicada, y definida como ficha de evaluación ambiental del proyecto. El contenido de este informe incluye la representación gráfica con los datos de la línea del proyecto, las acciones que se desarrollan y los impactos generados en los contenidos paisajísticos, y valorados de forma vertical con la línea de impacto ambiental del proyecto minero.

Proyecto: actividad minera

Estado: activo minero

Área de trabajo: s/d

Tiempo del proyecto: 20 años

Los condicionantes ambientales<sup>80</sup> que serán afectados por el proyecto son los siguientes:

- La calidad del suelo
- El recurso del paisaje
- La renta per cápita
- Los recursos hídricos
- La calidad del agua

Descripción del proyecto:

Las acciones de proyecto:

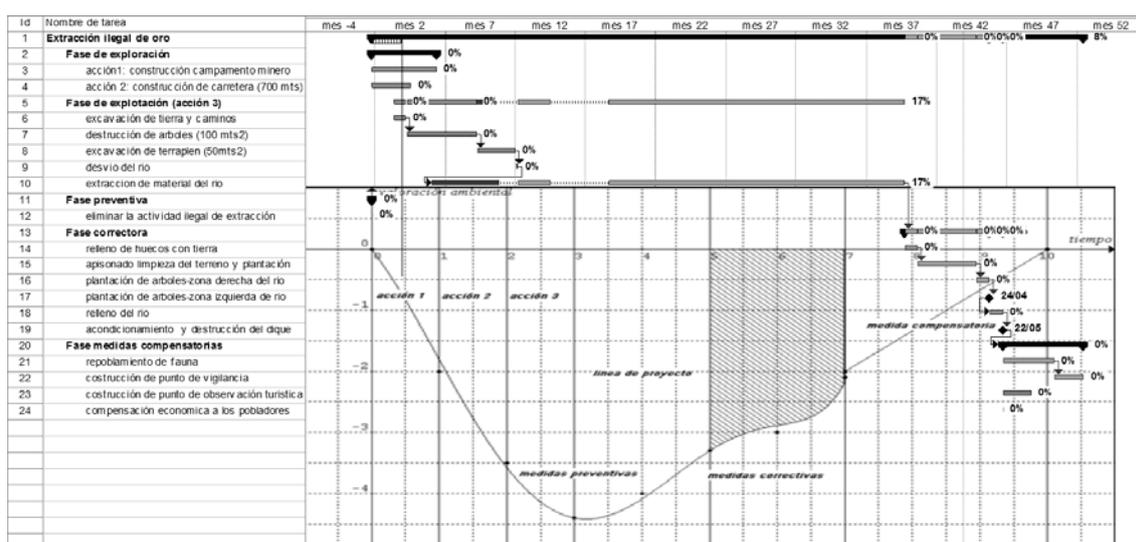
---

<sup>80</sup> Los condicionantes tienen la misma ponderación ambiental en la evaluación

- Retirar cubierta vegetal
- Extracción de material de mina a tajo abierto
- Transporte del mineral por camiones
- Proceso de flotación del mineral
- Ingresos económico de los trabajadores

En la etapa inicial del proyecto de extracción de minera empieza con la retirada de masa del terreno y destrucción de la cubierta vegetal, boscosa y de matorral por un tractor buldócer. En un siguiente paso se extrae el material de mina a razón de 30 ton/día empleando 3 palas mecánicas y transportando este material con camiones hasta la planta de tratamiento de mineral. Se recupera la parte valiosa del mineral convirtiéndola en concentrado por un proceso de flotación a razón de 90 ton/día de mineral empleando el agua del río cercano con un volumen de extracción de 30 litros/minuto y un ratio de concentrado seco del 95%. El floculante empleado es Xantato Z-5 y otros reactivos, que después se depositan en relaveras naturales. El ingreso medio del trabajador de la mina es 600 \$/mes.

Para completar el informe resumen, es necesario proporcionar información del proyecto con un programa informático<sup>81</sup>:



1.101 El programa de seguimiento informatizado

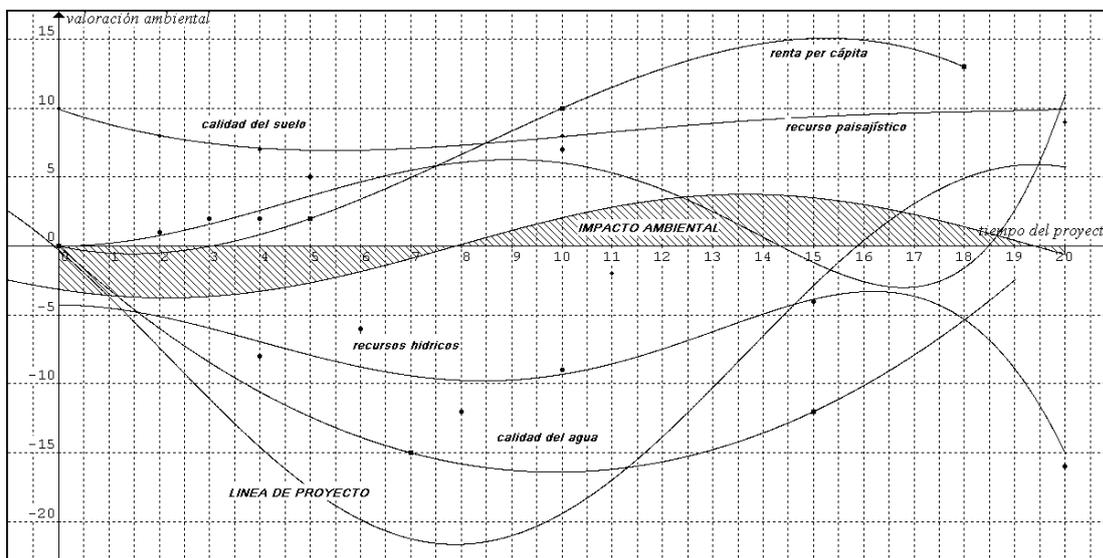
Como medidas restauradoras se propusieron las siguientes:

- La protección y aislamiento del suelo con plásticos o césped metalúrgico y mejoramiento técnico del circuito de agua para evitar el contacto y la contaminación del suelo con los reactivos químicos. Respecto a la calidad del agua y los recursos hídricos, el control de la contaminación con un análisis químico diario del agua del río y la utilización de mallas o filtros.

<sup>81</sup> Proyecto de extracción ilegal de oro, ver ilustraciones 1.32 y 1.34; simulación en pantalla

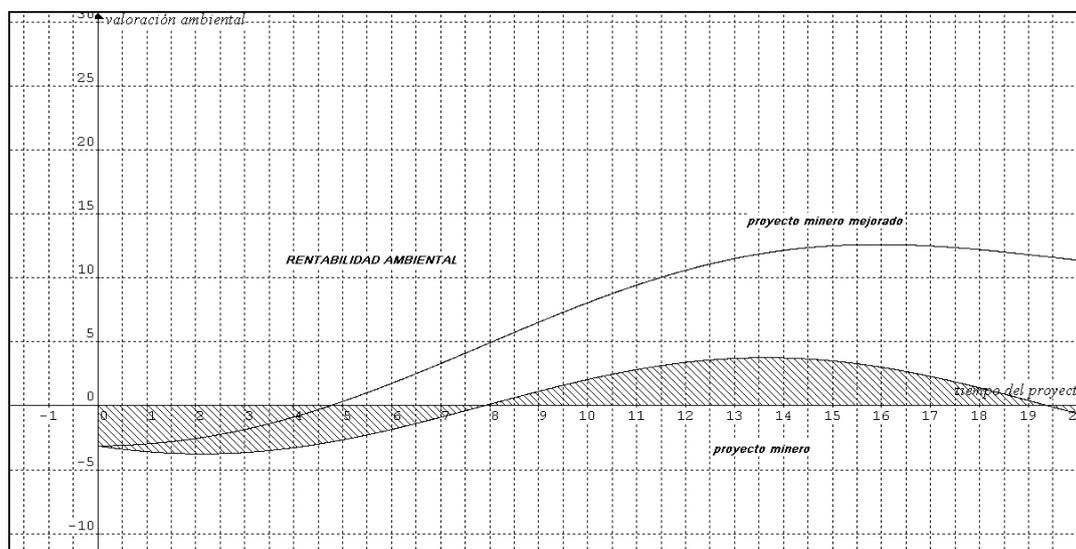
- En los recursos del paisaje, el acondicionamiento y realizar un control periódico, aplicar una cubierta vegetal o césped artificial sobre la zona minera y la retirada de escombros y material minero contaminado

Los resultados de la valoración paisajística del proyecto:



1.102 La ficha de evaluación ambiental del proyecto

En la siguiente ilustración, se resume la evaluación horizontal o la rentabilidad ambiental del proyecto minero. La zona sombreada son los impactos paisajísticos obtenidos con la aplicación de las medidas restauradoras iniciales, y la línea superior representa el proyecto minero mejorado con la aplicación de las medidas restauradoras propuestas en el informe:



1.103 La Ficha de evaluación ambiental del proyecto (continuación)

Como se observa en la ilustración, el factor de rentabilidad ambiental se incrementa notablemente con las medidas restauradoras propuestas para la mejora de la actividad minera, ya sea con medidas preventivas, correctivas y compensatorias, o de remediación; con el beneficio global del sistema paisajístico en el entorno del proyecto.

## **CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

1. El paisaje es una manifestación externa del medioambiente, está conformado por elementos perceptibles al ser humano llamados el fenosistema, y los no perceptibles o criptosistema. La integración de ambos componentes, el fenosistema y el criptosistema, configuran el sistema paisajístico, que es valorado con la trayectoria del proyecto a través del tiempo de actividad. Los valores del paisaje, son producto de una agrupación de caracteres físicos del medioambiente y de la huella de la transformación humana, que son definidos por la unidad, el cromatismo, la amplitud, la naturalidad, la fragilidad y la vulnerabilidad como las características principales; y estos valores perceptuales del paisaje constituyen las consideraciones estéticas, plásticas y emocionales, que definen la visibilidad del territorio, la calidad paisajística de los contenidos, la calidad visual de entorno inmediato y la calidad del fondo escénico que percibimos.
2. El paisaje como unidad, es difícil de valorar y cuantificar, se necesita un modelo ajustado a las circunstancias con indicadores adecuados, para evaluar los factores ambientales que intervienen y determinan la variación del valor de los componentes paisajísticos. En el proceso de evaluación de impacto ambiental, tiene que valorarse en forma numérica o monetaria para conseguir una evaluación efectiva de los impactos generados en el proyecto.
3. El sistema paisajístico, está constituido por los factores del medioambiente que intervienen en una actuación o proyecto, de forma integrada, como la diversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, el paisaje, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales como el patrimonio cultural entre otros componentes ambientales, y por las actuaciones del proyecto con las actividades, acciones y tareas de producción y consumo ambiental. Puede dividirse en subsistemas geográficos que definen la región o zona a evaluar, y es la suma total de estos subsistemas.
4. Los condicionantes de la fragilidad del paisaje, son elementos que pueden modificar y alterar un paisaje directa o indirectamente, según los parámetros evaluados. Estos condicionantes de la fragilidad, son estimados con indicadores de pérdida o ganancia de valor del paisaje, y que representan logros en la productividad y consumo

ambiental por el proyecto. La valoración vertical de estos elementos, definen la calidad ambiental del entorno, y de forma horizontal, la rentabilidad ambiental del proyecto.

5. La planificación estratégica en la evaluación ambiental, consiste en diseñar un plan o programa de actuaciones, en el tiempo, para conseguir el objetivo de rentabilidad ambiental sostenida; y constituye un instrumento para integrar el medioambiente y del proyecto, con sensibilidad, criterio, conocimiento y compromiso.
6. En los procedimientos de evaluación de impacto ambiental, la modificación de los factores del medioambiente por las acciones del proyecto, son evaluadas de forma integral, y la consecuencia es el efecto significativo del impacto con la variación de la calidad ambiental, por el aumento o pérdida en los bienes o servicios ambientales.
7. En la recuperación del paisaje del entorno del proyecto, si las medidas restauradoras aplicadas no son las adecuadas en tiempo y forma, para minimizar las alteraciones mineras generadas se produce un impacto residual denominado pasivo ambiental minero.
8. El factor de rentabilidad ambiental define el grado de sostenibilidad del proyecto en su evolución, y es medible con las valoraciones de los impactos ambientales generados por el proyecto en todo el tiempo de actividad.

## CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE

La evaluación de impacto ambiental es una herramienta técnica, definida como un proceso de tratamiento de la información ambiental que se realiza de forma preliminar antes del desarrollo de un proyecto económico productivo. No todos los proyectos están sometidos a este trámite, pero el estudio, su contenido y la elaboración del documento final lo realiza expertos en temas medioambientales en colaboración con los ingenieros encargados del proyecto, y que son los llamados Estudios de Impacto Ambiental.

Estos estudios ambientales son variados en el contenido, y algo complejos mostrando interés por uno o varios aspectos medioambientales que serán modificados o alterados en el desarrollo de un proyecto, pero muchas veces estos estudios son incompletos o con falta de rigor suficiente para ofrecer soluciones y alternativas ambientales adecuadas, acordes con los objetivos del proyecto.

Además actualmente, los procedimientos de evaluación están en una etapa temprana de desarrollo y consolidación, nacen nuevos métodos y teorías de evaluación de las actividades cada vez más agresivas con el medio receptor, y que por la voracidad que lleva el desarrollo humano dejan de ser eficaces en su forma, objetivos y contenido.



### 2.1 Las fuentes de la investigación

La experiencia de trabajo en este ámbito del conocimiento unida al interés personal por la temática de la evaluación de impacto ambiental, me llevan a investigar y cuestionar estos quehaceres, con el fin de encontrar alternativas y una nueva metodología, más objetiva y realista, que sirva para proponer soluciones al grave problema del deterioro medioambiental actual por las acciones agresivas de un proyecto determinado, y elaborar un documento final de fácil interpretación técnica.

La subjetividad presente en la administración para evaluar estos documentos técnicos, hacen poco fiable las valoraciones y resultados de los estudios de impacto ambiental de los proyectos; por este motivo, mi interés es proponer, un método evaluativo estratégico, un modelo matemático objetivo y realista para la evaluación ambiental eficaz de un proyecto productivo.

Con esta investigación, quiero fomentar el interés por encontrar nuevas técnicas para el proceso de evaluación de impactos ambientales y que no sea un simple trámite administrativo que se pierda en despachos sino que sirva como herramienta de trabajo en la ingeniería, la economía, la administración y todas las disciplinas que involucran un estudio riguroso sobre el medioambiente.

Por otro lado, se ha visto que los Estudios de Impacto Ambiental realizados por diversas consultoras especializadas, y presentados a Organismos Gubernamentales para su calificación y aprobación, gozan por ser verdaderas biblias o compendios técnicos de difícil interpretación y contenido evaluativo mediocre, muchas veces politizados, por lo que la veracidad de los datos y resultados, queda, solo cuestionada a la interpretación del organismo encargado.

El medioambiente, como toda disciplina técnica tiene que ser evaluado con un rigor científico. Existen las evaluaciones en temas energéticos, en temas atmosféricos, en temas mineros, existe la ingeniería Ambiental y otras disciplinas relacionadas ¿Por qué la evaluación de impacto ambiental no es una disciplina medible, valorable y creíble, tanto en calidad y cantidad, y no sujeta a interpretaciones de la autoridad de turno?

## **2.1 LOS FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

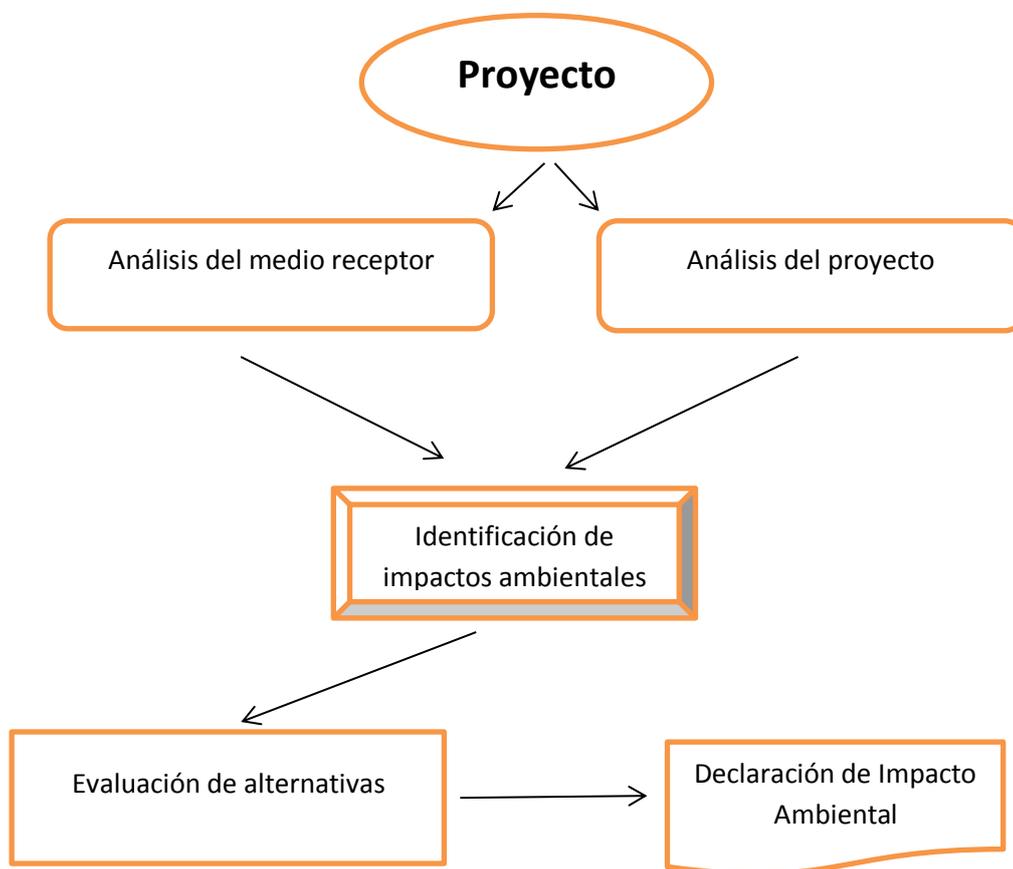
El procedimiento de las evaluaciones ambientales está rodeado de una estructura normativa e institucional internacional. Los Programas de Acción Comunitaria, las innumerables cumbres, reuniones, conferencias y otros eventos que se han realizado en el mundo en la temática del medioambiente no han sido lo efectivos como sería necesario para impedir el deterioro del medioambiente con un afán del crecimiento globalizado y desmesurado en el desarrollo humano actual.

Estos planteamientos obligan a tomar otros enfoques para la protección del medioambiente, que, desde una óptica universitaria puede ser la investigación de nuevas herramientas para la evaluación o valoración, más efectiva, de los impactos ambientales que producen las actividades humanas en el ámbito ambiental.

Cualquier actividad o acción de desarrollo humano genera una alteración o modificación en algunos de los factores del entorno del medioambiente, el medio físico y el medio socio económico, y son estas alteraciones o modificaciones las que se definen como *impactos ambientales*, que en algunas formas son beneficiosos o en otras adversos según sea la magnitud de la acción.

El procedimiento de evaluación ambiental se puede definir de una forma general como un requisito administrativo que siguen determinados proyectos de desarrollo y que por ley están obligados a cumplirlo antes de su aprobación definitiva, pero la filosofía de toda evaluación de impacto ambiental es preventiva antes de desarrollar el proyecto, lo que determina su acción protectora ante las amenazas ambientales de un proyecto.

Inicialmente se realiza un estudio de las posibles alteraciones ambientales que generará el proyecto denominado *Estudio de Impacto Ambiental* en el que se prevén los impactos del proyecto, y se estudian posibles alternativas para eliminar estos efectos, se proponen una serie de medidas opcionales, preventivas, correctivas, compensatorias, de reversión o recuperación que serán necesarias implementar en el proyecto. La condición multidisciplinar de estos estudios hace que intervengan varios especialistas que dan profesionalidad y aportan su visión sectorial en este estudio técnico de impacto ambiental.



2.2 Esquema de la evaluación de impacto ambiental

Como se dijo, las evaluaciones ambientales son de carácter preventivo, plantean corregir las acciones más graves que pueden causar un fuerte impacto al medioambiente y que muchas veces los proyectos están justificados por decisiones políticas. Por este motivo la Directiva Comunitaria 2001/42/CE propone la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) con el fin de

integrar<sup>82</sup>, en las primeras fases de los proyectos, la temática del medioambiente en los planes, programas y actividades de desarrollo humano.

El procedimiento de la evaluación estratégica, fue contemplado en la legislación española en la Ley 9/2006 de 28 de abril, sobre la evaluación en efectos de determinados planes y programas en el medioambiente, producto de la normativa Comunitaria. Posteriormente, ha sido actualizada con la nueva Ley 21/2013 de evaluación ambiental, reuniendo en un solo documento normativo, la evaluación estratégica del medioambiente y la evaluación de impacto ambiental.

Una evaluación efectiva y realista de impactos ambientales propone un plan estratégico en el proyecto, que sirva para introducir o eliminar actividades, acciones o medidas, según se vayan presentando situaciones o alteraciones anormales con el desarrollo y la trayectoria del proyecto; para conseguir el objetivo final de sostenibilidad ambiental, que contempla la norma actual como aspecto prioritario<sup>83</sup>.

Es necesario, proponer planes y programas de Evaluación Estratégica Ambiental (EEA) en los proyectos, con el fin de hacer más seguro el proceso de evaluación, e integrar la temática medioambiental en el estudio preliminar y en toda la vida útil de los proyectos, antes de la aprobación final del proyecto; de forma que puedan prevenirse los posibles impactos ambientales que se generen en un determinado momento y poder corregir las alteraciones medioambientales graves de la actividad a realizar.

La estrategia a seguir se basa en las directrices generales dictadas para el medioambiente que se traducirán en políticas a seguir por los gobiernos o empresas. En el caso específico de las evaluaciones ambientales es necesario tener un marco legal<sup>84</sup> para realizar la Evaluación Estratégica Ambiental (EEA) y aplicarla a todos los proyectos.

El objetivo que se persigue con este procedimiento estratégico es conseguir una sostenibilidad ambiental de los proyectos productivos, para que sean respetuosos con el medioambiente en toda la actividad que desarrollan; de esta forma se puede articular en el proyecto las definiciones de la integración con el entorno y de la rentabilidad ambiental sostenida.

En la actualidad, no existe una herramienta evaluativa de impactos ambientales totalmente efectiva para todos los tipos y formas de proyectos que se desarrollan, dada la versatilidad y complejidad que existe, mientras algunos proyectos tienen una evaluación correcta, los mismos parámetros no sirven para evaluar otros proyectos por eso se hace necesaria el avance en el estudio e investigación de alternativas evaluativas que sean lo suficientemente objetivas con el fin de determinar los impactos ambientales en toda la vida útil del proyecto.

Además, el inconveniente de estudiar la calidad del medioambiente de forma cualitativa o cuantitativa con modelos que no están universalmente aceptados por la comunidad ambientalista, presenta riesgos e imprecisiones en la evaluación de impactos ambientales por

---

<sup>82</sup> Integrar: componer un todo con sus partes integrantes, "Consultoría e Ingeniería Ambiental" (Gómez Orea, 2007).

<sup>83</sup> La utilidad tecnológica de la investigación es la evaluación estratégica de los impactos paisajísticos del proyecto

<sup>84</sup> Legislación actual

lo que es conveniente partir de la base de investigar y elaborar un modelo adecuado para la evaluación con unos objetivos iniciales claros de sostenibilidad del proyecto.

Los objetivos del modelo para la evaluación ambiental pueden resumirse de la siguiente forma:

- Que sea útil y versátil para todos los proyectos
- Que la evaluación sea objetiva y realista
- Que sea aceptado universalmente
- Que sea un modelo sencillo
- Que tenga capacidad del análisis estadístico y de planeamiento
- Que los resultados sean revisables y comprobables en todo momento del proyecto

Existen hoy en día innumerables instrumentos de trabajo, modelos técnicos, programas informáticos y herramientas de Evaluación de Impactos Ambientales, que mayormente son diseñadas a utilidad por los gobiernos de turno según las políticas de cada país aplicadas con intereses particulares, y ejecutadas por empresas o consultoras independientes con el único fin de cumplimentar el trámite admirativo necesario antes de realizar un proyecto, sin respetar el concepto de medioambiente que es la función protectora principal del procedimiento de la Evaluación de Impacto Ambiental.

Los pasos a seguir en un procedimiento preventivo y eficaz de evaluación ambiental, son:



### 2.3 El procedimiento estratégico ambiental

Algunas instituciones y universidades, están desarrollando cursos, postgrados y seminarios en la evaluación ambiental estratégica con un enfoque multidisciplinario, y su aplicación de los

estudios ambientales a las ciencias sociales y humanas con el objetivo de formar expertos en políticas, planes o programas de Evaluación Ambiental Estratégica de los proyectos, pero sin el enfoque científico requerido.

### 2.1.1 LA MOTIVACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Me surge la motivación de abordar esta investigación, debido a la inquietud profesional por proponer algunas ideas sobre un tema muy de actualidad e importante para todo proyecto económico productivo que genera modificaciones o alteraciones en el medioambiente, con los llamados impactos ambientales, y especialmente los impactos paisajísticos, que se originan en el entorno de todo proyecto o actividad económica; y dar una respuesta al cuestionamiento de ¿cómo valorar la rentabilidad ambiental de un proyecto paisajístico?

Decir, conseguir la rentabilidad ambiental es decir investigar la forma de lograr la sostenibilidad ambiental en el entorno del proyecto, para que sea factible la actividad con el respeto al medioambiente.

Esta investigación se inicia con los siguientes argumentos:

- La limitación de los contenidos con rigor científico que existe en los estudios del paisaje y en la valoración en los impactos paisajísticos en el medioambiente.
- La carencia de normativa en la evaluación de impacto ambiental estratégica con procedimientos cuantificables en la valoración paisajística de los proyectos.
- El vacío de la definición de rentabilidad ambiental sostenida de los proyectos y la limitación de su utilización para planificar estrategias y objetivos ambientales.
- La falta de objetivos, estrategias y carencia de iniciativas como incentivos para realizar planes alternativos de recuperación de los pasivos mineros en la fase de abandono de la explotación.

El título de la tesis doctoral *“La Evaluación Estratégica Del Impacto Paisajístico En Los Pasivos Mineros Y Su Rentabilidad Ambiental”*, se puede justificar con el desarrollo de las investigaciones en los siguientes campos del conocimiento:

- La evaluación estratégica de las actuaciones del proyecto en el medioambiente,
- La valoración visual del impacto paisajístico generado en el medioambiente,
- Los efectos de los pasivos ambientales mineros y su valoración física
- La rentabilidad ambiental global del proyecto.

La Evaluación de Impacto Ambiental Estratégica de los proyectos mineros, es un argumento de investigación nuevo y poco desarrollado, y existe un vasto campo para su estudio, en nuevas técnicas y procedimientos para hacer de este procedimiento de evaluación, una herramienta efectiva, y con proyección a múltiples líneas de investigación en esta temática.

La investigación está basada, y como un punto de partida del estudio, en una recopilación de datos y conceptos relativos a las Evaluaciones de Impactos Ambiental de los proyectos,

realizada a lo largo de mi actividad profesional, en varias empresas consultoras y organismos dedicados a elaborar y evaluar estudios ambientales para programas y proyectos de desarrollo, y ponencias, estudios y presentaciones en Congresos y seminarios.

Como un segundo punto, procederé al análisis de la documentación existente y su actualización con nuevas investigaciones y propuestas, para ver en qué puntos puede desarrollarse ideas innovadoras en la temática de la evaluación de impacto ambiental de los proyectos y sugerir nuevos procedimientos de evaluación.

El objetivo que se persigue con esta investigación, es optimizar y hacer del procedimiento de evaluación de impacto ambiental una herramienta útil, versátil, y confiable para el análisis y la valoración de los diferentes aspectos y alternativas ambientales que intervienen en todo proyecto o actividad humana.

Es importante tener presente, que la Evaluación de Impacto Ambiental es un procedimiento administrativo elegible, que va a contener el estudio técnico de impacto ambiental de una actividad económica basándose únicamente en un marco legal de trabajo o una *hoja de ruta* como lo presenta el documento guía para la realización de los estudios de impacto ambiental del organismo evaluador<sup>85</sup>.

En la elaboración de los estudios de impacto ambiental pueden detectarse deficiencias de forma y de fondo que hacen que esta herramienta sea de muy poca utilidad para la planificación y el ordenamiento ambiental que requiere un trabajo profesional, y en muchos casos los estudios de impacto ambiental no presentan datos relevantes, de interés para el proyecto o para la comunidad receptora de la actividad. El estudio realizado por personal cualificado debe ser lo suficientemente amplio, extenso y detallado en sus datos, y técnicamente completo e integrador en el proyecto.

Los distintos aspectos del medioambiente, en los proyectos y su evaluación, deben ser temas de riguroso estudio con personal competente debidamente cualificado para elaborar estos dictámenes técnicos siendo necesario muchas veces ampliar el estudio con nuevas investigaciones sobre el terreno a fin de adecuar los contenidos a los casos particulares que se presentan en cada proyecto.

Partimos del hecho que los proyectos que se desarrollan son de gran magnitud, como por ejemplo los proyectos mineros o industriales, o los pequeños proyectos eco turísticos tan variados, diferentes en su legislación, contenido u objetivos lo que origina una inquietud permanente a los investigadores en adecuar los contenidos de una norma básica como los estudios de impacto en proyectos con temática multidisciplinar y en la influencia que desarrollaran en el entorno de la población.

De otro lado, la actual norma ambiental utilizada para estudiar la evaluación de los proyectos, la ley 21/2013 de evaluación ambiental, es prematuro analizar su contenido, alcance y resultados, por el breve periodo de su entrada en vigor; y no refleja el ámbito real del estudio del proyecto que se desarrolla.

---

<sup>85</sup> Documento de la Secretaría Técnica Ambiental de Costa Rica (SETENA)

Investigando el estado del arte en los estudios de impacto ambiental en los distintos países donde he trabajado, España, Perú, Bolivia, Costa Rica y varios Organismos Internacionales; puedo apreciar, los distintos contenidos, formas y valoraciones de aplicación que se da a las Evaluaciones de Impacto Ambiental, muchas veces ineficaces, de elaboración compleja y difícil de entender para los mismos técnicos de la administración.

Mientras que en Costa Rica dan mayor importancia al análisis y evaluación de los proyectos en aspectos como la contaminación visual, de las fuentes de agua o aspectos forestales que influyen en la capacidad turística, en Bolivia no dan importancia a la contaminación paisajista de los proyectos o a la incidencia en la población de los efectos producidos por el proyecto centrando los estudios en el análisis y evaluación de aspectos del medio físico pero primando sobretodo la rentabilidad económica del proyecto.

Al no existir una norma ambiental de ámbito mundial que sirva para realizar un análisis creíble en los proyectos productivos con una técnica evaluación de los aspectos ambientales adecuada, los estudios no se ajustan a la realidad, primando intereses particulares, en la forma y en el fondo, dejando de evaluar aspectos ambientales importantes y contrarios su filosofía preventiva, como fue concebida inicialmente el procedimiento de evaluación ambiental de los proyectos productivos.

La falta de información existente en la evaluación ambiental, específicamente, en la temática poco tratada del paisaje, la escasa normativa para realizar un estudio detallado y de evaluación correcta en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), me ha motivado para realizar esta investigación, y valorar la falta de rigor existente en una herramienta tan importante para evaluar los proyectos, sus efectos y valorar las modificaciones que se presentan en el entorno como se analizará a continuación de una forma más profunda.

El factor del paisaje entendido como un todo está considerado como una herramienta de medición del estado y salud del medioambiente, es un termómetro para valorar otros sistemas ambientales que interactúan en el medio físico. Casi todas las alteraciones que se producen en el ambiente por el desarrollo de proyectos repercuten de forma directa e inmediata en el paisaje que es el factor ambiental más sensible, por esto su valoración debería ser considerada prioritaria y necesaria a la hora de realizar una Evaluación de Impacto Ambiental en todo proyecto.

El paisaje está formado por varios componentes ambientales físicos como el suelo, el agua, la atmosfera o la vegetación entre otros componentes, como elementos principales del diseño y formación de escenas dinámicas en el medioambiente, y otros elementos socioeconómicos o culturales, que proyectan la modificación del paisaje, como específico en la sección correspondiente.

Definiré *el paisaje* como el factor ambiental que es evaluado como un factor integrador de otros elementos como el aire, la vegetación o el suelo en el proceso de valoración ambiental; y el sistema paisajístico como el componente multidisciplinar que relaciona todos los factores ambientales<sup>86</sup>.

---

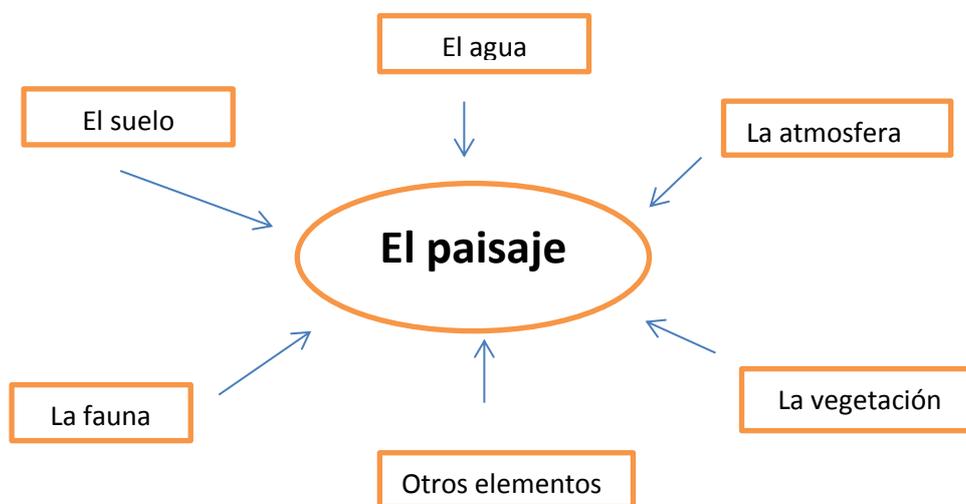
<sup>86</sup> Valoración paisajística

Además, los impactos detectados en el sistema paisajista, sirven de referencia para establecer e introducir medidas medioambientales en la recuperación del todo, o parte, del entorno del proyecto, si fuese necesario hacerlo.

Con la definición de otros elementos quiero incluir a los complementos ambientales que de una forma general “adornan el paisaje” y no tienen un peso relevante, pueden ser por ejemplo las figuras del hombre, la fauna, la flora, una señalización, el efecto de sombra o un elemento móvil como un pájaro. Estos pequeños elementos ambientales, temporales o permanentes, que alteran o modifican el entorno en grado mínimo, producen un impacto ambiental poco significativo.

Es necesario establecer una diferencia sobre el estudio paisajístico que realiza un arquitecto, donde la finalidad principal es establecer una armonía del entorno, o como se dice “que todo encaje bien”, y el estudio del paisaje que se realiza un ingeniero ambientalista donde se busca analizar, evaluar y detectar posibles alteraciones en el paisaje producidas por la introducción de acciones de un proyecto, y proponer medidas adecuadas para corregir esta alteración en el paisaje buscando la rentabilidad económica y ambiental del proyecto.

La definición del paisaje:



#### 2.4 La definición del paisaje

A esta definición, es conveniente especificar que dentro de la variedad de especialidades en la ingeniería, cada profesional propone las mejores medidas y acciones en los proyectos, según sea la función e interés que desarrolla. Un ingeniero minero tratara de sacar el mayor provecho a una veta minera con técnicas de explotación adecuadas, y el especialista ambiental en el paisaje de conseguir un entorno bello sin impactos ambientales que lo deterioran.

Ambos profesionales, trabajando conjuntamente, pueden lograr hacer compatible una explotación minera preservando el medioambiente, en este caso con unas mínimas

alteraciones en el paisaje, lo que se llama integrar el proyecto minero al entorno paisajístico respetando el medioambiente y haciendo productiva la explotación.

En conclusión, la finalidad de este trabajo de investigación es buscar una metodología adecuada para la evaluación de los impactos generados por los proyectos mineros buscando su integración al entorno paisajístico; para realizar un adecuado estudio del paisaje, y del efecto paisajístico, de tal forma que el resultado de la introducción del proyecto en el entorno ambiental sea mínimo, o con un impacto moderado y compatible con el entorno.

Esta técnica conlleva evaluar los factores ambientales de cada proyecto conjuntamente pero de forma individual, como si lo hicieren un ingeniero ambientalista contando con las referencias del ingeniero minero, o viceversa; para tener unos resultados consensuados afines al proyecto y al medioambiente.

## 2.1.2 LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

En todo estudio de investigación se proponen unas metas y objetivos a corto, mediano y largo plazo que tienen que estar claramente definidos, muchas veces se articulan en pasos, hitos o estrategias para llegar a un fin con el estudio, articulando una hipótesis de trabajo y el desarrollo del contenido con una metodología funcional de investigación.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta investigación, son los siguientes:

- A. Identificar, evaluar y analizar las características técnicas, ambientales y visuales del paisaje
- B. Investigar y analizar la influencia de la valoración paisajística en el proceso de evaluación ambiental del proyecto, mediante su representación con funciones matemáticas representativas del proyecto y del entorno ambiental.
- C. Proponer una técnica de Identificación de los potenciales impactos ambientales que se pueden generar por las acciones que desarrolla el proyecto, y demostrar la cuantificación del efecto de estos impactos en el medioambiente.
- D. Establecer una metodología que permita la valoración objetiva y realista de los Impactos paisajísticos del proyecto en el entorno donde se desarrolla
- E. Establecer un plan adecuado para la recuperación de los impactos generados con el fin de integrar el proyecto al entorno ambiental.
- F. Diseñar un mecanismo óptimo para el proceso de evaluación de impacto ambiental en los proyectos, basado en la valoración paisajística de los impactos

Estos objetivos alcanzables, propuestos para la investigación de la temática del paisaje<sup>87</sup>, se desarrollarán, bajo un marco lógico de trabajo y estudio, que desembocara en las conclusiones parciales del capítulo, y finales como *conclusiones generales con las nuevas líneas de investigación*.

---

<sup>87</sup> No se pretende dar valor a un paisaje determinado, sino valorar los impactos paisajísticos generados

### 2.1.3 LA HIPOTESIS DE TRABAJO

Este estudio de investigación científica se fundamenta en la premisa de que toda actuación tecnológica que se realiza sobre el medioambiente se mide por los impactos que produce. Con este planteamiento, me propongo el diseño de un modelo experimental evaluativo de los impactos ambientales del proyecto, que sirva para los objetivos propuestos, como es la valoración paisajista como un sistema integral de la salud del proyecto productivo, y en particular, la unificación de los proyectos mineros al entorno medioambiental.

Como hipótesis inicial de trabajo se propone la utilización de los siguientes parámetros que ayudarán al estudio de investigación en la valoración ambiental de los proyectos:

1. El paisaje es el factor integrador de todos los parámetros medioambientales que involucran la evaluación ambiental del proyecto. Dicho esto, el paisaje, es la vegetación, el suelo, el aire, la geomorfología, el clima y otros elementos ambientales, y los instrumentos que modificarán un paisaje de forma directa o indirecta son la renta, los habitantes, el consumo y otros factores ambientales agrupados como los aspectos socioeconómicos en la evaluación ambiental de los proyectos. El método empleado se basa en descomponer, el paisaje, en sus elementos básicos que lo constituyen para valorarlos.
2. La valoración ambiental es un índice comparativo utilizado para evaluar los factores del medioambiente, específicamente la valoración paisajística. Consiste en valorar los costes efectivos y las inversiones realizadas o por realizar en un determinado aspecto ambiental de forma directa, por ejemplo en el paisaje, donde se incluirían todas las inversiones directas realizadas en la modificación del paisaje, y compararlas en periodos sucesivos. En el caso de proyectos donde el factor a evaluar es el sistema paisajístico donde se agrupan todos los elementos que constituyen el paisaje, la valoración estará definida por los indicadores de mejora o deterioro paisajístico.
3. El tiempo global del proyecto es el periodo efectivo que estará en actividad o explotación, generando impactos paisajísticos beneficiosos o perjudiciales para el entorno ambiental del proyecto.

Los indicadores empleados para valorar el paisaje exigen un tratamiento y una planificación estratégica en el proceso de evaluación del proyecto que generará impactos paisajísticos positivos o negativos, en distintos momentos de la actividad los cuales pueden ser identificados y prevenidos con un método de Evaluación Estratégica Ambiental (EEA).

En el capítulo correspondiente describiré más detalladamente la metodología a seguir para la Integración ambiental de los proyectos mineros, generando así, los mínimos impactos o hacerlos nulos restaurando los existentes, que es el objetivo del estudio.

Como se dijo anteriormente, el objetivo principal de esta investigación, es proponer un modelo para la evaluación ambiental que cumpla con los requisitos de utilidad, objetivismo, realismo, universalidad, sencillez y de ser una herramienta preventiva y estratégica de valoración de los impactos ambientales que genera el proyecto; pero previamente es necesario tener conocimiento del estado actual que se presenta en las evaluaciones de impacto ambiental, y que servirá de base en la investigación.

## **2.2 EL PAISAJE Y EL ESTADO ACTUAL DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

“Política medioambiental y sostenibilidad son conceptos que deben ir de la mano como elementos vertebradores de la sociedad. El desarrollo equilibrado y respetuoso con el entorno es capital en una sociedad moderna. Y requiere que las reglas sean claras. Solo de este modo se puede salvaguardar el patrimonio natural de manera eficaz.

En el cumplimiento de este objetivo, la evaluación ambiental, una técnica diseñada para prevenir el impacto de la actividad económica sobre los valores naturales, juega un papel de primer orden. Es el mecanismo que garantiza que el avance económico sea respetuoso con el entorno...”<sup>88</sup>.

De estas opiniones, se desprende la importancia de la evaluación ambiental en los proyectos productivos para asegurar la sostenibilidad del entorno. El paisaje es el termómetro que mide y analiza la salud técnica de cómo se viene desarrollando un proyecto. Describe su trayectoria y define los parámetros técnicos y ambientales, integrando a todos los componentes que intervienen en el mismo.

Puede compararse, el paisaje, como una estructura organizativa, que, en términos de medicina puede parecerse al ADN del proyecto productivo, ya que contiene las instrucciones técnicas y ambientales que se utilizarán en el desarrollo y funcionamiento del mismo, en toda su trayectoria en el tiempo<sup>89</sup>.

Este desarrollo o funcionamiento del proyecto, y su trayectoria, puede definirse como la evaluación ambiental de los impactos que se generan, con la actividad del proyecto, por lo que el término *paisaje*, o mejor entendido como *el sistema paisajístico*, está directamente relacionado con los procesos de evaluación de impacto ambiental para determinar el grado de modificación o deterioro que se produce en el entorno del proyecto.

Como una definición del contexto paisajístico, se podría afirmar que es un conglomerado de elementos que participan en su diseño, como en una pintura o escena los componentes que intervienen son los colores, formas y figuras, que pueden ser moldeados o editados de forma particular para su composición y embellecimiento, y ambientalmente hablando, para su destrucción o degradación por el proyecto según las actividades que se desarrollen en él.

---

<sup>88</sup> Artículo periodístico de opinión: “Una óptima evaluación medioambiental”, 12/12/2013. Autor: Federico Ramos, Secretario de Estado de Medioambiente

<sup>89</sup> Definición del paisaje en los proyectos, José A. Calzada

El sustento o la base de integración de todos estos elementos paisajísticos, o para entenderlo mejor el soporte físico que interviene es el entorno ambiental. Lo constituyen la vegetación, los suelos, montañas, ríos, la población, las costumbres, los usos de la tierra o elementos de consumo ambiental, cultural como la música o las costumbres, factores psicosociales y otras manifestaciones paisajistas ocasionales. Todos estos elementos diseñan un paisaje, de diferentes maneras, colores o formas, y que en ausencia de estos elementos no existiría el paisaje y por ende el impacto paisajístico no se generaría en los proyectos.

El universo está diseñado por recursos paisajísticos, y la tierra en particular, por una rica y extensa geografía con amplia biodiversidad y maravillosos entornos naturales y urbanos, o la combinación de ambos estados, que a través del tiempo han ido cambiando, modificándose o moldeándose según se ha escrito acontecimientos en la historia y que se ve olvidado en la actualidad por la incompreensión de la modernidad y del crecimiento productivo incontrolado.

Muchas zonas del territorio están gravemente amenazadas en términos medioambientales, esto sumado a la pobreza existente y al deterioro cultural de la población mundial ocasionan una alteración incontrolada y peligrosa, de difícil manejo para las próximas generaciones que serán los encargados de su planificación y desarrollo.

La variedad de paisajes y ecosistemas que podemos encontrar en el mundo que van desde la tranquilidad de los paisajes desérticos, a la aglomeración y bullicio de paisajes en las ciudades o poblados, pasando por la belleza de la vegetación extensa y tupida de los paisajes naturales de África o la Amazonia, los monumentales núcleos montañosos con nieves perpetuas, ríos extensos que recorren la geografía y que representan una variedad de gamas, colores, texturas del medioambiente mundial.

Todo este escenario ideal puede ser modificado en poco tiempo por algunas actividades o acciones descontroladas que desarrolla el hombre en su afán de sobrevivir y crear riqueza con el interés del beneficio económico, a costa de destruir el medioambiente. Este contexto imaginario puede convertirse en real si no se ponen medidas adecuadas para su conservación, y proponer nuevas líneas de protección del medioambiente que limiten los proyectos destructivos.

En esta investigación, me centraré en estudiar como es el proceso o el mecanismo de generar los impactos ambientales en el paisaje y evaluarlos, muchas veces graves e irreversibles, que producen las actividades como la minería en el mundo, que a pesar de ser el motor del desarrollo económico de muchos países, viene alterando y deteriorado ecosistemas produciendo daños irreparables en la fauna, flora, paisaje y otros sistemas de nuestro medioambiente, pero en especial en la salud de la población mundial.

La diferencia en los contenidos del paisaje, las formas complejas de manifestación paisajística en los distintos puntos geográficos del planeta, la variedad de planes, programas y proyectos productivos pueden generar alteraciones en el medioambiente, son algunas pautas que condicionan y dificultan un proceso de valoración de los recursos visuales existentes en el paisaje local, al tener que adecuar el método tradicional de valoración a las características particulares de los proyectos.

Los requerimientos para este proceso, función de las condiciones locales, como la forma de vida, nivel socioeconómico y cultural, aspectos del paisaje y otros condicionantes más formales como la realidad local o la distribución de la renta en la población, engloban muchas variables de complejo tratamiento para un estudio completo del paisaje con una técnica de valoración tradicional.

Estos factores ambientales reúnen las condiciones para buscar un método alternativo a este proceso, conservando las características principales de los métodos tradicionales de valoración de los recursos del medioambiente y en especial los paisajísticos con mejores resultados.

Surge la pregunta ¿Por qué esta investigación está basada principalmente en los aspectos paisajísticos del proyecto?, la respuesta es simple, la escasa bibliografía e información existente, lo apasionante de innovar aspectos ambientales por investigación en esta temática paisajística, y sus implicaciones con la evaluación ambiental de los proyectos dibujan mi interés de desarrollar este tema como tesis doctoral.

El fundamento del trabajo es proponer un modelo empírico en la valoración ambiental de los recursos ambientales existentes evaluando las características técnicas que se aplican en cada proyecto para incorporarlo e integrarlo al sistema de forma que no cause alteraciones sustanciales y que respete el entorno medioambiental en todas las fases del proyecto, y que sea rentable económicamente en el desarrollo del proyecto.

Generalmente el proyecto se desarrolla cumpliendo las condiciones técnicas de respeto al medioambiente como no contaminar acuíferos, suelos, aire o conservar la calidad del agua, recursos hídricos o paisajísticos entre otros parámetros ambientales, va a generar un paisaje óptimo o adecuado lo que es un indicador de la salud técnica del proyecto. Si por el contrario este proyecto desarrolla parámetros negativos en la contaminación o alteraciones y existe una baja calidad de los recursos ambientales en el entorno, el proyecto generará de forma casi segura un entorno paisajístico negativo o de baja calidad.

Esta afirmación quiere expresar que la calidad del proyecto es directamente proporcional a las modificaciones o impactos producidos en el sistema paisajístico, entendido universalmente con el término *paisaje*.

Por esta simple regla se puede establecer una proporción directa entre las operaciones del proyecto y su medioambiente o más específicamente el entorno paisajístico en el cual se desarrolla, por eso el paisaje puede ser la herramienta ambiental receptora más directa que mida y evalúe cómo se desarrollan los parámetros de operación de un proyecto y la *hoja de ruta* que siga.

Existe una frase que puede ser la conclusión a esta regla “invierte en acciones perjudiciales en un proyecto y cosecharas impactos”, si las acciones del proyecto son respetuosas con el medioambiente desde un inicio se obtendrán impactos ambientales beneficiosos pero por lo contrario si la actividad es agresiva con el uso de una tecnología de producción inapropiada para el medioambiente tendremos como resultado impactos adversos y perjudiciales.

Este preámbulo, sirve para fijar el contexto de actuación con este trabajo de investigación. En la actualidad el estudio del paisaje en los procesos de evaluación de impactos se ve muy

limitado a un trabajo técnico de inventario paisajístico, valorando, únicamente, la pérdida o ganancia de la calidad del paisaje como un factor de importancia puntual en el ámbito de actuación del proyecto.

Con este estudio, se está proponiendo las bases para utilizar el factor del medioambiente, el paisaje, como una herramienta evaluativa del proyecto, de su trayectoria y evolución en el tiempo. Sabiendo que todo proyecto contiene un programa dinámico de actuaciones, es necesario tener un indicador eficaz que evalúe e integre todos los factores que pueden verse modificados, y planificar nuevas estrategias de actuación.

### **2.2.1 LA EVALUACIÓN ESTRATÉGICA Y LA SOSTENIBILIDAD**

La definición del término *estrategia* es configurar un plan táctico para prevenir y pronosticar las oportunidades y amenazas que se presentan en el proyecto con su realización en forma de actuaciones, para conseguir una meta o un objetivo de trabajo. El propósito de esta investigación es lograr definir un marco estratégico o un instrumento ambiental idóneo capaz de diseñar y definir la rentabilidad ambiental sostenida de un proyecto productivo.

La legislación española actual en medioambiente<sup>90</sup>, aparte de las ventajas administrativas que comporta, reúne los conceptos de evaluación de impacto ambiental con la evaluación estratégica del ambiente; y contempla la realización de una evaluación estratégica y sistemática unida a la evaluación ambiental de los proyectos, para la mejora del sistema ambiental y productivo.

El fundamento de la Evaluación Estratégica Ambiental (EEA) de los impactos significativos del proyecto es la de prevenir y predecir, en el momento que se produzcan, el deterioro del medioambiente, evaluando las sucesivas actividades y acciones que se van desarrollando valorando la mejor alternativa posible con el menor impacto, y desde una perspectiva de sostenibilidad ambiental; incorporando, si es el caso, medidas alternativas para que el proyecto produzca la menor alteración en el medioambiente o con un impacto global mínimo del entorno.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), tiene el componente preventivo de gestión ambiental en un proyecto, pero a diferencia de esta herramienta la Evaluación estratégica Ambiental (EEA) radica en un carácter importante en la definición de los impactos generados por el proyecto; esto quiere decir que se refiere a aspectos críticos con mayores probabilidades de repercutir en los factores ambientales y en sus características.

De forma integral, los impactos ambientales estratégicos de un proyecto son evaluados y valorados principalmente como un efecto económico y social, y con otros aspectos alternativos como la seguridad o la salud de las personas del entorno al proyecto, lo que da una visión coordinada y creíble a las evaluaciones ambientales.

---

<sup>90</sup> Ley de Evaluación Ambiental, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Entrada en vigor 12/12/2013

Otra visión importante de la norma, es el concepto de sostenibilidad del proyecto en el tiempo. Es el objetivo principal que se persigue con esta política de Evaluación Estratégica Ambiental (EEA), y aplicable en los impactos generados por el proyecto, que implicará en mayor o menor medida un mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores y del entorno medioambiental donde se desarrolla el proyecto, en tres dimensiones básicas:

- Económica, con el mejoramiento del nivel de renta
- Social, con el mejoramiento de las condiciones de vida y trabajo, y
- Ecológica, con el mejoramiento de las condiciones ambientales.

De otra forma, con el afán de optimizar el mecanismo de evaluación ambiental, surgen nuevas teorías y conceptos aplicables a la evaluación de los proyectos de desarrollo. Una de estas definiciones es la que hace referencia Antonio Carretero respecto al término *impacto*, “se define el impacto ambiental como cualquier cambio en el medioambiente sea adverso o beneficioso resultante de las actividades de un proyecto”<sup>91</sup>.

Esta definición genérica de la palabra *impacto* define una magnitud que es captada por los sentidos y demuestra que no todos los seres humanos perciben la sensación con el mismo rigor. El sentido de la sostenibilidad o de estrategia ambiental también son factores moldeables según las personas y las empresas que lo valoran según su criterio.

La evaluación estratégica de los impactos es una *función preventiva* de los estudios ambientales, y es una filosofía que puede modificar, mitigar, minimizar o eliminar los efectos producidos para hacerlos sostenibles, pero es conveniente tener presente que *la filosofía del desarrollo sostenible entronca directamente con la idea que es esencial un cambio de actitud en las actividades humanas cuyas bases de diseño deben ir cambiando para lograr una mayor integración en el entorno y una menor degradación de los recursos naturales o la calidad de vida*<sup>92</sup>.

De este concepto se desprende que hablar de los aspectos del medioambiente o de los impactos ambientales es hablar de bienestar, de causas y de efectos en la evaluación ambiental en general, y de mecanismos para su cuantificación, como un indicador de impacto ambiental<sup>93</sup>. El contenido de la definición de la palabra *impacto* depende directamente de una transformación, alteración o modificación del medioambiente ocasionado generalmente por un proceso humano.

La causa origen es la acción humana entendida como tal, y que se ejerce sobre el sistema ambiental, puede ser sobre un factor específico como es la vegetación o el suelo, o sobre el sistema ambiental en general que construye el argumento de esta investigación. El resultado es el efecto que se producirá denominado *impacto* sea beneficioso o perjudicial para el medioambiente según la forma de la acción a ejecutar.

De forma gráfica, el mecanismo de modificación del medioambiente puede representarse en la siguiente secuencia:

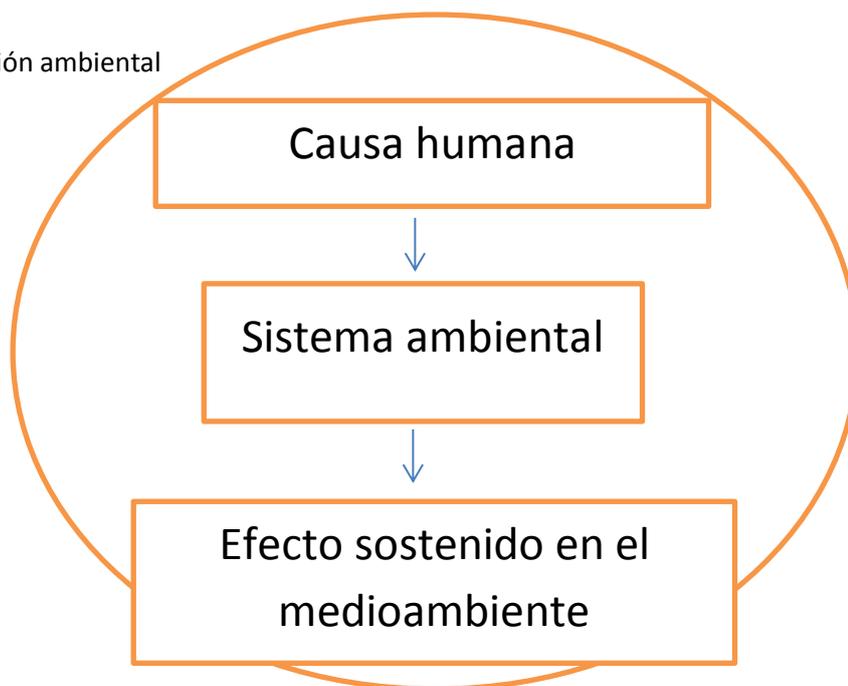
---

<sup>91</sup> Antonio Carretero Peña-AENOR,

<sup>92</sup> Arce, 2002

<sup>93</sup> En adelante se definirá como valoración ambiental

Evaluación ambiental



## 2.5 El marco estratégico

Una evaluación ambiental estratégica, propone la potenciación de los impactos beneficiosos y la mitigación, reducción o eliminación de los impactos perjudiciales, con el fin de lograr la sostenibilidad del sistema ambiental. Así, esta evaluación estratégica de los proyectos define la restauración de impactos con medidas o acciones ambientales preventivas, correctivas y compensatorias como principal fundamento del trabajo en la evaluación ambiental, para planificar la sostenibilidad o rentabilidad ambiental en todo el tiempo de desarrollo del proyecto.

Según expertos en el estudio del medioambiente, “hay que tener presente que no es la calidad ni la fragilidad del medio físico la que produce el impacto ambiental como receptor, es la acción del proyecto que como agente emisor produce el impacto”. Al respecto, se podría decir por ejemplo que la acción sin el paisaje no puede desarrollarse ni existir y es este último factor el que va perdiendo valor con las actuaciones humanas<sup>94</sup>.

Por ejemplo, el objetivo de un proyecto es la obtención de un producto de valor productivo y los métodos para obtenerlo pueden ser la introducción al sistema ambiental de acciones de proyecto que deterioran el medio físico o la recepción de materias perjudiciales al medioambiente lo que se denominan *causas humanas*, y los efectos que se originarán serán emisiones, residuos, vertidos o ruidos perjudiciales, definidos como los impactos ambientales del proyecto.

La evaluación sistemática y estratégica de los impactos del proyecto hace que estos efectos sean compatibles y sostenibles para el medioambiente, por la modificación en determinado tiempo de la acción generadora, o la introducción de medidas adicionales complementarias en

<sup>94</sup> Calidad del paisaje. Rosa M. Arce

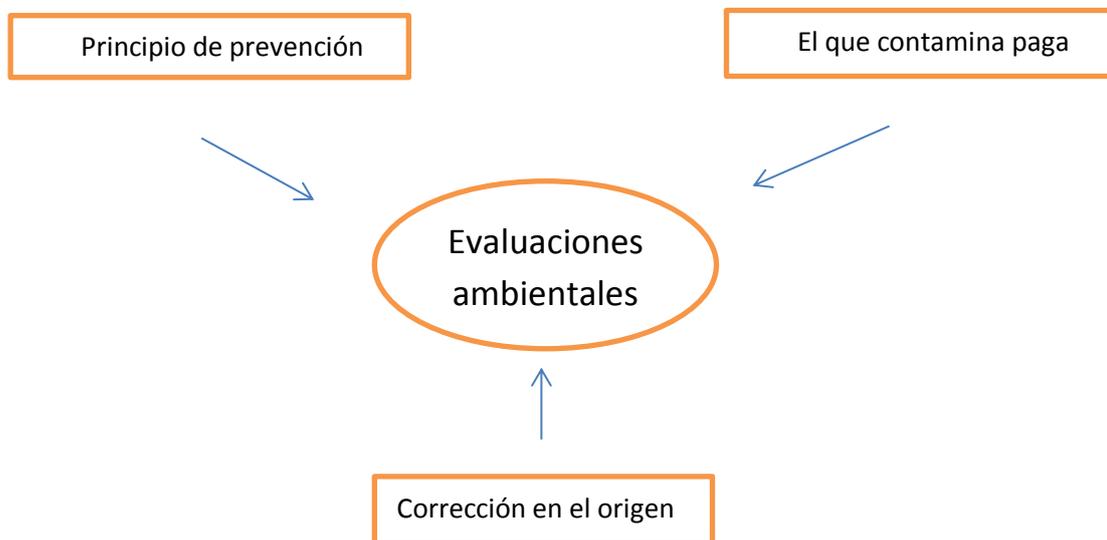
la actividad del proyecto para restaurar los impactos originados por una acción provocada, lo que predetermina el fundamento numérico de valoración de la evaluación estratégica.

En este apartado de la investigación, quiero compartir una reflexión sobre una frase tan comentada en estos tiempos: “...la palabra *sostenible* quiere ser reflejo de una política y de una estrategia de desarrollo económico y social continuo que no vaya en detrimento del medioambiente ni de los recursos naturales de cuya calidad dependen la continuidad de la actividad humana...”<sup>95</sup>; por este motivo la política de sostenibilidad es una herramienta fundamental para todas las actividades humanas, que indica una continuidad del buen hacer en los proyectos.

Una de las personas más críticas en la actualidad sobre los estudios de impacto ambiental es la Doctora en Ingeniería Rosa María Arce, con su libro “La evaluación de impacto ambiental en la encrucijada”, en él expone reflexiones sobre las evaluaciones ambientales en España y en distintos países europeos con una visión estratégica del procedimiento de evaluación ambiental<sup>96</sup>.

Valora los nuevos retos para el futuro del medioambiente, y afirma específicamente que “...La evaluación ambiental estratégica debe ser una herramienta de integración y planificación ambiental para los nuevos proyectos...”.

Estas afirmaciones expuestas, ayudan para la elaboración de un esquema con los principios básicos de la política que debe contener todo estudio de evaluación ambiental:



## 2.6 El principio de las evaluaciones ambientales

<sup>95</sup> V Programa de Medioambiente y Desarrollo Sostenible de la UE

<sup>96</sup> Directiva de la Unión Europea 42/2001/CE

En la actualidad para implementar esta filosofía ecológica existen una gama variada de instrumentos que otorgan una marca distintiva al trabajo realizado con fines de contribuir al cuidado del medioambiente como son las banderas ecológicas, etiquetas verdes, la certificación energética, el impuesto medioambiental o el seguro ambiental, estos últimos de poca difusión en nuestro medio pero con intención de adecuarlos a la legislación actual.

Pero también pueden influir otros elementos innovadores en una política ambiental agresiva como son los instrumentos económicos de política fiscal para desgravaciones por las inversiones realizadas en el medioambiente, los impuestos y tasas ecológicas, o la creación de mercados ecológicos con tecnología ambiental que ayudarían a crear una forma empresarial ecológica y respetuosa con el medioambiente. Todas estas iniciativas lograrán configurar una conciencia ambiental más agresiva que la actual en materia ecológica, y proponer un nuevo planteamiento para el *desarrollo sostenible* de los proyectos que beneficiará al entorno medioambiental pero sobre todo a la población involucrada directamente y a las generaciones futuras.

Pero es bueno recordar que la sostenibilidad de los proyectos no quiere decir que dejen de ser rentables económicamente para preservar el medioambiente, sino quiere decir trabajar con más eficiencia y cuidado, con el fin de rentabilizar los factores del medioambiente y la producción conjuntamente para potencial el entorno productivo.

Otro punto de vista importante para esta investigación, es el planteamiento que hace Domingo Gómez Orea<sup>97</sup>, dice la respecto *“el contenido de los Informes de Sostenibilidad Ambiental requieren identificar los probables efectos significativos en el medioambiente incluyendo los aspectos de la diversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales, el patrimonio cultural, incluyendo el arquitectónico y el arqueológico, el paisaje y la interrelación entre estos factores”*.

Esta afirmación del concepto de sostenibilidad ambiental integra los aspectos del medio físico y el entorno sociocultural en el medioambiente, que, para aplicar el término de *sostenibilidad* tienen que evaluarse previamente estos factores de forma conjunta y rigurosa, como un criterio operativo. Este principio de sostenibilidad debe primar en la formulación de propuestas, políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo<sup>98</sup>.

Desde este punto de vista, el objetivo inicial de esta investigación es evaluar todos los factores de medioambiente de forma conjunta e interrelacionada entre sí mediante un modelo experimental de valoración, e integrarlos bajo un concepto único de *valoración del sistema paisajística* y analizar los resultados antes de poder aplicar la denominación de sostenibilidad.

El término de impacto paisajístico es la valoración integral del efecto significativo que enuncia el Dr. Gómez Orea de todos los factores del medioambiente que intervienen en un proyecto como la diversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, el paisaje, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales y el patrimonio cultural. El informe Brundtland dice al respecto *“el uso de los recursos debe comprometer para una correcta*

---

<sup>97</sup> Fuente: “Evaluación Ambiental Estratégica”, 2007

<sup>98</sup> Fuente “Consultoría e Ingeniería Ambiental”, 2007

utilización de los mismo por las generaciones futuras”<sup>99</sup>, por esto la mejor estrategia a desarrollar en favor del medioambiente, *es saber cómo hacerlo antes de hacerlo*, y así, tener una política productiva más adecuada en el presente y el futuro.

## **CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

1. Un proyecto es una secuencia de actuaciones. El paisaje, en los estudios de impacto ambiental, puede ser considerado como una estructura organizada y relacionada de sus componentes, que contiene las instrucciones técnicas y ambientales de la trayectoria de los impactos que desarrollara por el proyecto.
2. Las evaluaciones de impacto ambiental están en una etapa inicial de desarrollo y consolidación, con un avance continuo de métodos y teorías para la predicción y valoración de los impactos ambientales que generan con los proyectos.
3. La evaluación de impacto ambiental debe cumplir con su finalidad técnica y administrativa de ser un método evaluativo estratégico, y un modelo técnico y realista con la apreciación objetiva de los impactos del proyecto que se desarrollaran en el entorno medioambiental. El modelo propuesto, cumple con estos requisitos, por lo que la valoración de impactos del sistema paisajístico equivale a la evaluación estratégica de impacto ambiental del proyecto.
4. El proceso de evaluación estratégica del medioambiente reside en combinar y aplicar los conceptos de actuaciones, recuperación y sostenibilidad dentro de un marco estratégico de desarrollo, para conseguir los objetivos iniciales propuestos en el proyecto.

---

<sup>99</sup> Informe Brundtland, 1987

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio del medioambiente, especialmente, las evaluaciones de impacto ambiental y los planes estratégicos de evaluación de los proyectos productivos, requieren la utilización de nuevos métodos y formas de análisis para el tratamiento adecuado de la información, y aplicar una metodología para obtener los resultados adecuados partiendo con una hipótesis de trabajo de objetivos definidos.

La investigación en la temática de las evaluaciones ambientales quiero centrarla en el análisis de la información existente producto de documentos, material gráfico, elaboración de estudios y experiencias de trabajo profesional, complementándola con la inquietud personal de innovar o buscar alternativas al proceso de evaluación estratégica de las actividades productivas humanas con el fin de preservar el entorno medioambiental productivo.

### **3.1 LA FORMA DE INVESTIGACION**

Este trabajo de investigación se realizó aproximadamente en diez años, siguiendo unas pautas de estudio, análisis y experimentación rigurosas, que comprendieron maneras y modos para obtener la información y su tratamiento posterior de la siguiente forma:

#### A. TRABAJO DE CAMPO

En este proceso se procedió a:

- Recopilación de datos ambientales de los proyectos
- Recopilación de la documentación y revisión bibliográfica
- Realización de viajes, visitas y entrevistas, y
- Obtención de material fotográfico

#### B. TRABAJO DE GABINETE

Con el material obtenido en la fase anterior se realizaron las siguientes actuaciones:

- Clasificación de la información
- Estudio, análisis e investigación de la documentación existente

- Elaboración del documento final<sup>100</sup>

En la realización del trabajo de campo se efectuaron visitas a distintos proyectos medioambientales y mineros que se desarrollan dentro del ámbito de la investigación, con la grabación en soporte informático del proyecto más representativo.

### **3.1.1 LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

La utilización de herramientas informáticas, es imprescindible para la realización de esta investigación, y más cuando el volumen de datos a procesar para realizar las pruebas y obtener los resultados, hace que tengan que aplicar varios modelos y programas informáticos.

Los programas informáticos utilizados en la investigación y el análisis de la información, son resumidos en dos grupos:

Para tratamiento de la información:

- Procesador de texto. Microsoft Office 2010
- De cálculo y análisis. Excel 2010
- Análisis matemático de funciones graficas Graphmatica Numérica V 2c
- Estadística. TeeChart Office V 2

Para la presentación:

- Gestión y administración de proyectos, Microsoft Project 2010
- MS Power Point 2010
- Explorador de fotos-Photo Explorer V 7

Además se utilizaron otros programas informáticos, que, su intervención queda relegada por la poca información aportada a esta investigación.

### **3.2 EL MODELO INICIAL DE VALORACIÓN AMBIENTAL**

En la década de los 90, con el nacimiento de la corriente ambientalista se empezó a investigar y utilizar sistemas automatizados empíricos para la evaluación de impacto ambiental de los proyectos, como los métodos americanos GRID, INGRID, MAUSAD o el modelo de Impacto-Aptitud desarrollado por Gómez Orea (Gómez Orea, 1992), y por modelos generales tipo Matriz de Leopold o Battelle, con bastante éxito en su valoración de los estados medioambientales.

---

<sup>100</sup> Tesis de doctorado

Posteriormente, en base a estos modelos y con el interés de investigar las alteraciones ambientales producidas por actividades humanas se presentó un modelo informatizado para la evaluación de impacto ambiental, denominado método IMPRO.

Este programa informático liderado por Domingo Gómez Orea y el equipo de investigadores españoles permitían integrar la evaluación ambiental de los proyectos simulando distintas hipótesis de trabajo, y realizando para ello, un análisis simple de la información obtenida, con adecuados resultados.

El carácter predictivo del programa informático lo hacían una herramienta muy adecuada para la valoración ambiental de los proyectos, pero el trabajo con numerosas hipótesis, riesgos y grados de incertidumbre obligaban a repetir los cálculos haciendo el programa informático una herramienta adecuada, solo, para el proceso de simulación de impactos ambientales de los proyectos.

La falta de datos experimentales de las acciones de los proyectos como el signo, el momento, la intensidad, permanencia y otros datos ambientales, la limitación en la investigación y análisis de los efectos del proyecto en el entorno o la dificultad de introducir datos subjetivos como los aspectos sociales o la predicción del impacto en el paisaje contribuyeron a que este modelo no justificara su aceptación científica.

Además este modelo matemático requería el mejoramiento en su desarrollo para potenciar y perfeccionar su capacidad de análisis, y adaptarlo para que admita entradas gráficas de los datos del proyecto o para que exprese los resultados de la misma forma.

Las características básicas del modelo informatizado IMPRO:

- El programa describía el proyecto en tres niveles con fases, actividades y acciones que generaban los impactos ambientales del proyecto
- Evalúa las alternativas técnicamente viables y las selecciona
- El programa realizaba el inventario ambiental con indicadores que permitían la desagregación en 4 niveles de factores ambientales: subsistemas, medios, factores y sub-factores
- La Identificación y valoración de impactos se realizaba con una matriz de efectos en base a atributos de cualitativos de importancia que se transforman en unidades homogéneas relativas de impacto ambiental
- El formato prevé la recuperación ambiental con la aplicación de medidas restauradoras en base a recalcular el impacto corregido, y propone el programa de vigilancia ambiental

En el estudio crítico que se realiza sobre este modelo IMPRO, especifica Conesa (2010), que no se han obtenido los resultados esperados para la evaluación de impacto ambiental en los proyectos, siendo incompleta su metodología. Dice al respecto: se han desarrollado y presentado nuevas herramientas y metodologías para el proceso de valoración de los impactos, tanto de forma cualitativa y cuantitativa, sin que hasta el momento exista una técnica adecuada y convincente para valorarlos efectivamente.

### **3.3 EL MODELO EXPERIMENTAL DE VALORACIÓN AMBIENTAL**

Se dice que un modelo de valoración es óptimo o ideal cuando independientemente de la persona que realice la valoración, o bien, que la realice un equipo multidisciplinar en el sentido amplio, los resultados de la valoración es la misma (Conesa, 2010).

En este punto del estudio, es importante reseñar las aportaciones que se hace con la investigación al diseño de un nuevo modelo de valoración ambiental más eficaz; que debe ser en forma vertical, para definir y analizar la calidad del sistema paisajístico, y con un segmento horizontal en el tiempo, para determinar el grado de rentabilidad ambiental o sostenibilidad del proyecto<sup>101</sup>.

Este apartado, describe las características del modelo matemático que puede considerarse óptimo para la evaluación ambiental y la Integración del proyecto a su entorno ambiental para el cálculo y el análisis del Impacto paisajístico en el proyecto minero. Los métodos estadísticos y el empleo de software especializado como los programas informáticos MS Project XX, la robótica para la simulación de proyectos mineros y otros programas de diseño gráfico me han ayudado para la realización de este trabajo de simulación y evaluación paisajística.

Todo estudio de investigación de evaluación ambiental se desarrolla en base a una metodología particular para evaluar los contenidos del trabajo realizado, y en forma particular sobre los factores del medioambiente que intervienen. En este caso el proceso de investigación está basado en valorar aspectos cuantitativos que servirán para una evaluación de los factores ambientales de un proyecto, su análisis y posterior tratamiento de estos datos y la introducción de acciones complementarias para la integración ambiental del proyecto.

La valoración ambiental de los impactos que se producen, es una tarea compleja que se expresa comúnmente con diferentes apreciaciones y unidades, a veces con magnitudes heterogéneas para la valoración de los distintos factores ambientales, por ejemplo el ruido, el paisaje o la contaminación del suelo; por este motivo es necesario expresar las acciones o impactos del proyecto en forma grupal y consensuada, en unidades homogéneas que sean comparables y puedan servir para el proceso de evaluación integral del proyecto.

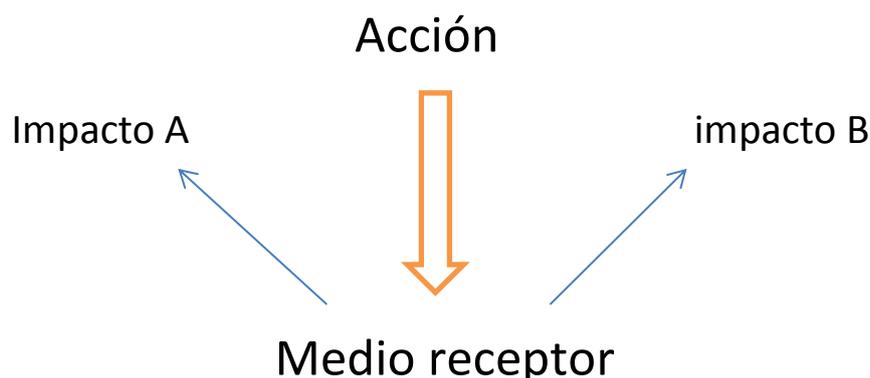
El proceso de identificación de los mecanismos del impacto ambiental<sup>102</sup> de un proyecto implica un análisis para evaluar las causas que generan esta alteración y las consecuencias producidas con esta actuación, lo que definiré como acciones, tareas o simplemente las actividades de un proyecto económico productivo.

El entorno o ámbito del proyecto, es el medio receptor de tales actuaciones, que generaran las relaciones causa-efecto que se desarrollan en la dinámica proyecto y medioambiente. Las acciones constituyen la fuerza o energía que se ejerce sobre el medio receptor, que en este caso es los factores del medioambiente, y la reacción será el impacto o grado de bienestar que se produce; como lo explica la gráfica a continuación:

---

<sup>101</sup> El modelo ideal de valoración debe definir los términos de la calidad y de rentabilidad ambiental

<sup>102</sup> También definido como la externalización del grado de bienestar del individuo (Riera, 2005)



### 3.1 El mecanismo causa-efecto del impacto ambiental

La generación de los impactos A y B, es producto del tipo y modo de la acción<sup>103</sup> que se desarrolla sobre el medio receptor, su forma de reacción que depende de la capacidad de absorción de este medio receptor. Una magnitud mínima de reacción quiere decir que el medio receptor ha absorbido y amortiguado gran parte de la fuerza de la acción ocasionando un menor impacto. En el caso contrario si la fuerza es grande y el medio receptor no absorbe esta energía de choque se generará un gran impacto.

Esta teoría física, es extrapolable al proceso de evaluación ambiental donde la fuerza de la acción es una actividad humana, y el medio receptor son los factores del medioambiente, sean factores del medio físico como el agua, la vegetación, el suelo, la atmosfera, el paisaje o la atmósfera; o las variables socioeconómicas como el consumo ambiental o la renta de la población u otros factores receptores.

Para iniciar el trabajo de diseñar un modelo matemático de valoración ambiental en los proyectos debemos, en primer término, definir que valores son representativos e influyen en el factor medioambiental a estudiar; así se puede representar y relacionar los valores numéricos con los efectos producidos, por ejemplo, por la inversión realizada en la acción, por el consumo de energía gastado para realizar la actividad, el área de terreno utilizada u otros datos numéricos representativos del proyecto.

Es importante tener presente los parámetros descritos anteriormente como la homogeneidad de las unidades utilizadas para la valoración de un gran segmento en el tiempo del proyecto o en la totalidad de actividades a realizar quiere decir que en técnicos de distintas partes del mundo pueda utilizar e interpretar la aplicación de la misma forma en la valoración del proyecto.

Dicho esto, la unidad universal por excelencia y de fácil uso en la valoración de una actividad, una acción o tarea en general es la referenciada a los valores numéricos o monetarios del proyecto, y será la forma de representación en todos los cálculos y diagramas en esta investigación por su sencilla interpretación.

---

<sup>103</sup> definido también como un impacto económico

Técnicamente, la evaluación ambiental del Impacto será la suma de las funciones de cada factor ambiental como el paisaje, el agua, el aire, la renta per cápita y otros condicionantes que intervienen en el proyecto como de los impactos generados, y definidos previamente en un inventario ambiental inicial.

Para la valoración ambiental de un factor se necesitan los datos de calidad en el tiempo representados en una función matemática, por esto la función  $f(x)^{104}$  es la sucesión de puntos que representan valores de los datos medioambientales del agua, vegetación, consumo ambiental u otros obtenidos por un muestreo o análisis del medio que se desarrolla por un proyecto en un tiempo determinado. Su interpretación se realiza mediante el dibujo de estos datos en un diagrama de cálculo.

La sencilla representación, la rápida interpretación y fácil visualización de la presentación de los valores, diagramas y resultados hacen que esta técnica de valoración y análisis de los factores medioambientales evaluados sea el adecuado por su facilidad operacional de los datos por expertos y técnicos medioambientales.

En la siguiente ilustración, la valoración ambiental del proyecto está representada por puntos en el diagrama, que varían entre 0 y 16 unidades numéricas o monetarias, y en 6 unidades de tiempo y la dirección varía en un rango de  $\pm 180$  grados.

Los datos para la representación gráfica de la función de línea de proyecto son:

Tiempo del proyecto (eje x)	Valoración ambiental - valor numérico (eje y)
1	5,6
2	9,2
4	15,6
6	0

### 3.2 Los datos de valoración del proyecto

La representación gráfica, es un instrumento importante a la hora de representar, de forma conveniente los datos recogidos en la etapa de muestreo o análisis ambiental; por este motivo, dentro de la variedad de técnicas de análisis que existen, se ha elegido un programa informático, bastante familiar y adecuado por su versatilidad, fácil aplicación, y una rápida interpretación de los datos y resultados obtenidos, como es el programa informático Graphamatica versión 2.0, y sus actualizaciones posteriores.

<sup>104</sup> Función matemática en el tiempo con variables x y

Este programa de características sencillas, y que personalmente, tiene una visualización adecuada para la interpretación y análisis de resultados matemáticos, lo utilizaré en la valoración paisajística de los proyectos.

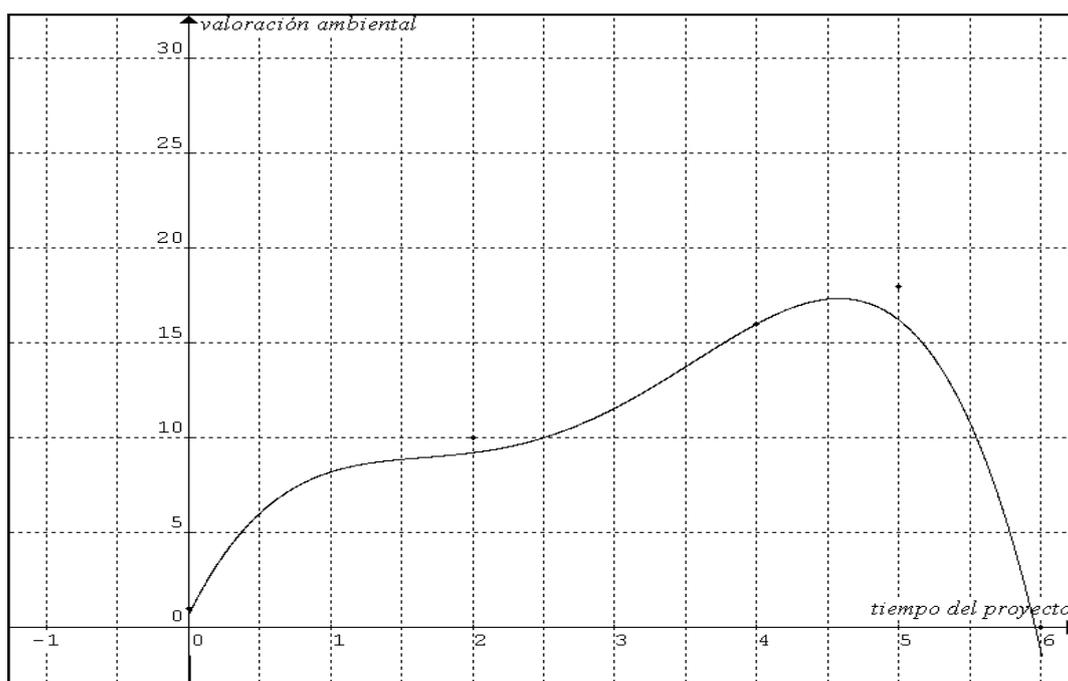
Como preámbulo al contenido, formularé, que la valoración global de las acciones del proyecto es la suma del valor de cada acción que influye en el factor ambiental determinado, como el suelo, la vegetación o la renta entre otros elementos que identifican al proyecto.

Estos valores del medioambiente, se representan con valores numéricos, pero surgen algunas interrogantes, como ¿es correcto valorar el medioambiente mediante números?, ¿cuánto vale ejecutar la acción paisajística?, ¿Cuál es el costo de las medidas correctivas medioambientales en el proyecto?

Estas técnicas de valoración deben estar claramente definidas por los expertos buscando una norma homogénea para valorar todos los proyectos, sea cual sea el lugar donde se desarrollen. Es importante establecer una norma de valoración, que diluya estos interrogantes, y crear una filosofía en la apreciación de elementos sin valor comercial del medioambiente, como ocurre en otras disciplinas.

No entremos en la discusión de ¿Cuál será la unidad monetaria a utilizar en una valoración ambiental?, dejemos este planteamiento para la discusión de los expertos en estos temas, y centrémonos en que el contenido del valor numérico, que es la referencia más apropiada para ser utilizada en la valoración del medioambiente en los programa informáticos para el análisis posterior de los resultados.

En la siguiente ilustración se representa los datos de valoración ambiental del proyecto:



### 3.3 La dirección del proyecto

Esta gráfica es la representación matemática de una acción del proyecto, y su trayectoria en el tiempo. La valoración ambiental, de signo positivo, está definida sobre los tiempos  $t_1=0$  y  $t_2=6$ , y la magnitud de la acción está diseñada por la trayectoria de la curva  $f(x)$ , en el intervalo de los tiempos  $t_i$  y  $t_j$ .

La trayectoria que sigue un proyecto paisajístico, puede ser representada en un formato conocido por ser de interpretación universal, y de fácil aplicación en la valoración de las actividades y acciones del proyecto, como los impactos ambientales producidos; y la expresión gráfica es reflejada en unidades numéricas o monetarias, que otorgan una definición clara y da versatilidad a la interpretación de los resultados del proyecto.

### 3.3.1 LOS CONCEPTOS BÁSICOS

Los factores del proyecto que se representa con este modelo experimental, son definidos por funciones matemáticas  $f(x)$  que son representaciones gráficas de puntos y líneas en un diagrama de fases.

Pueden ser:

- A. Línea o función de proyecto<sup>105</sup>, definida por los puntos de valoración ambiental y tiempo del proyecto, representa las acciones que se desarrollan
- B. Línea de impacto, definida por la derivada de la función de proyecto y representa el impacto producido por la acción en el tiempo  $t$

La primera derivada de la función  $f(x)$ , en términos matemáticos, dibuja la velocidad instantánea o el impacto en el mismo tiempo que se produce, definido como una modificación inmediata que genera la acción valorada<sup>106</sup>. La segunda derivada definirá la aceleración de los cambios que se experimentan y será definida por la derivada de la función *línea de impacto*, y que puede ser un tema de estudio posterior referenciado en el capítulo de *Líneas de Investigación*.

Estas funciones son dibujadas en un diagrama con puntos, ordenadas y abscisas, que representa el tiempo y los datos de valoración ambiental o valoración paisajística del proyecto según sea el modelo utilizado en la representación gráfica. En las abscisas del diagrama está representado el tiempo transcurrido del proyecto (eje x), y en las ordenadas está representada la valoración ambiental en términos numérico, sea económicos o de otra magnitud, con la actuación a realizar en el proyecto.

El siguiente diagrama, se explica el mecanismo de una valoración ambiental:

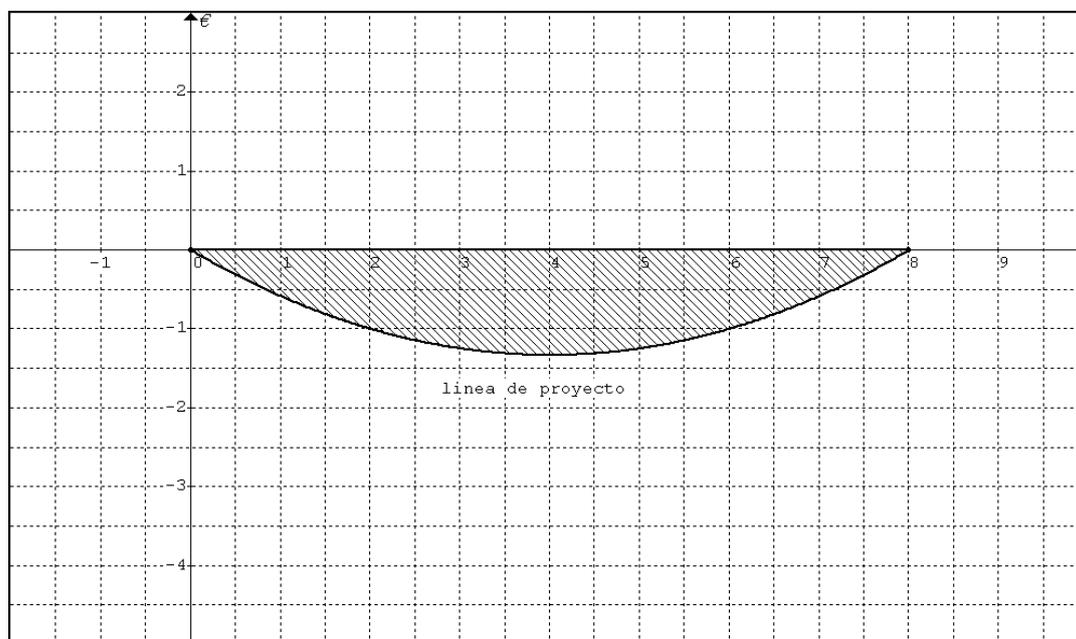
En el proyecto, el punto de inicio está representado por las coordenadas de origen (0,0), el punto mínimo en la posición (4, -1,4) y el punto final en las coordenadas (8,0); y su

---

<sup>105</sup> También puede definirse como la función de transformación del paisaje en el proyecto

<sup>106</sup> En el paisaje, el impacto es directo y de efecto inmediato

interpretación matemática es como sigue: la acción se desarrolla en un tiempo de 8 unidades, desde un inicio hasta el  $t_1 = 4$  donde decrece y se inicia la introducción de medidas complementarias y medidas correctoras al proyecto, para finalizar en el tiempo  $t_2$  en un valor 0 donde la valoración ambiental es nula. La zona sombreada representa la inversión, gasto o consumo ambiental de la actuación realizada.



### 3.4 El mecanismo de valoración ambiental

La acción del proyecto descrita, desde el inicio produce una alteración y un impacto negativo en el tiempo  $t_1 = 0$  donde se origina la acción, y se incrementa este valor hasta un tiempo  $t_4$  donde empieza a decrecer o disminuir hasta finalizar en un tiempo  $t_8$  produciendo una modificación del ambiente, un gasto, depreciación o consumo ambiental<sup>107</sup> del factor evaluado por efecto de la acción productiva del proyecto.

Con los valores numéricos introducidos generamos una función matemática  $f(x)$  que está definida como la línea o función del proyecto, y es la representación matemática de las acciones que se desarrollan en un proyecto:

$$f(x) = ax^n + bx^{n-1} - cx^{n-2} + dx + e$$

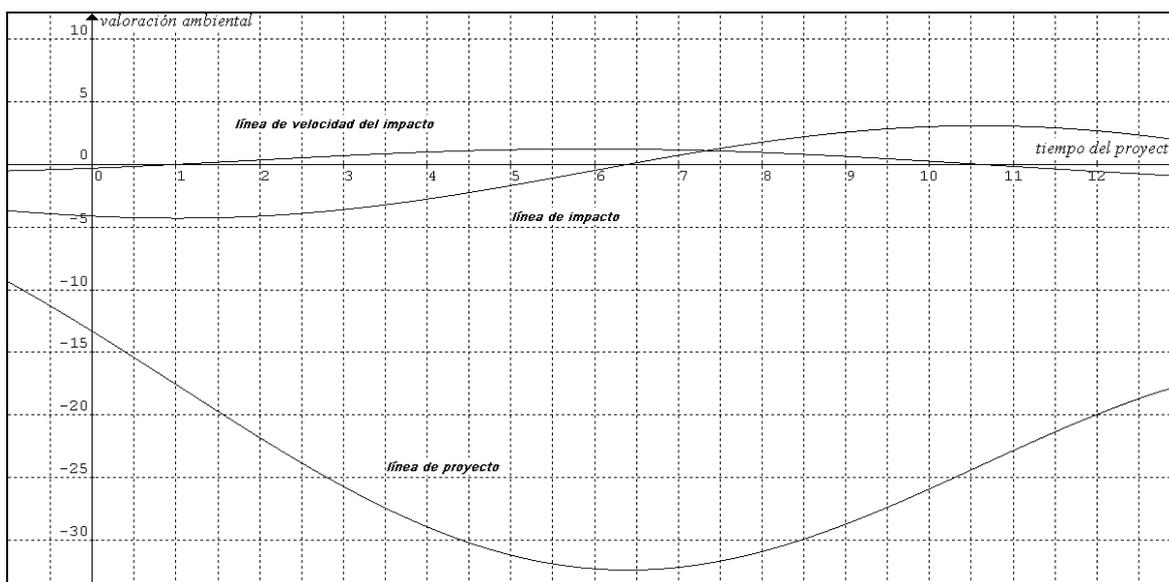
El indicador de impacto está definido por la primera derivada de la línea del proyecto  $f(x)$ , y el impacto global o total generado es la sumatoria ( $\Sigma$ ) de los indicadores parciales del impacto

<sup>107</sup> Depreciación del valor ambiental

ambiental que se produce en los factores del medio físico y los impactos sobre los factores del sistema socioeconómico por las acciones del proyecto.

En términos matemáticos, el impacto global del proyecto es la *integración de la función f(x)* desde el tiempo de inicio hasta el tiempo de término de la explotación del proyecto.

La siguiente ilustración define la línea del proyecto y la línea de impacto:



### 3.5 La definición del proyecto en el diagrama

La función  $f(x)^{108}$  representa los valores en acciones del proyecto que en este caso está definida para los valores de  $x$  comprendidos entre 0 a 6 que definirá el tiempo de operación del proyecto, y su dirección con el eje  $x$  del diagrama puede variar  $\pm 180^\circ$  según sea la acción de rango positivo o negativo.

### 3.3.2 LAS CARACTERISTICAS Y LA FORMA DE CÁLCULO

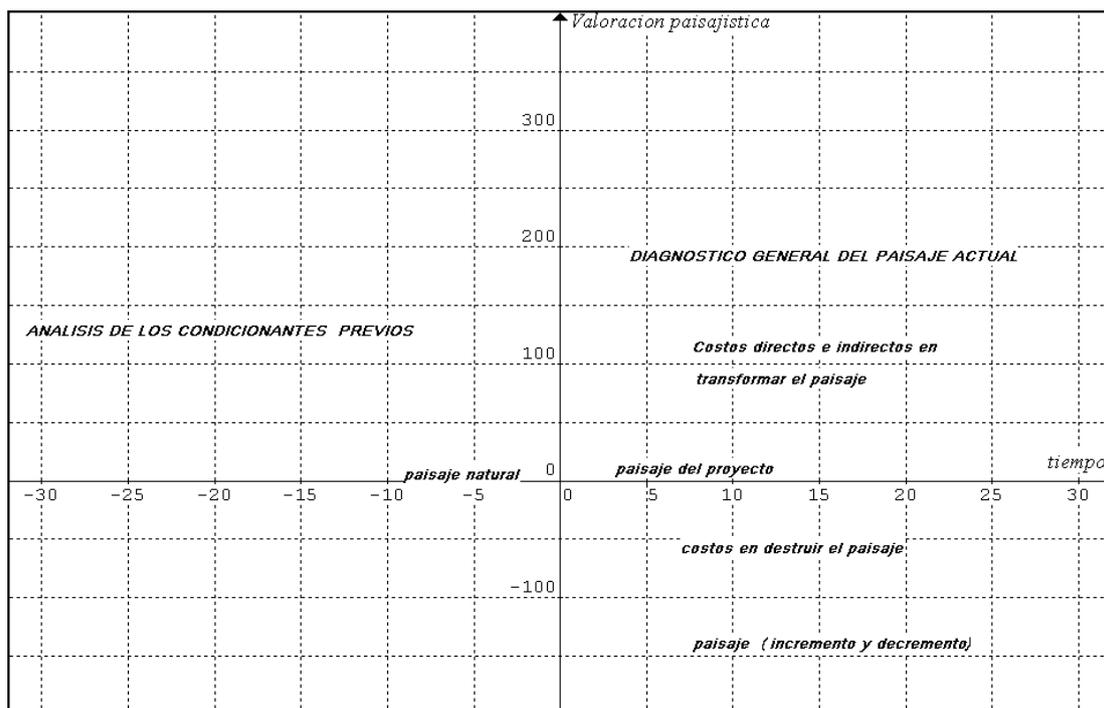
El diagrama representa la valoración paisajística del espacio natural donde se desarrollará el proyecto (eje  $x$ , negativo) entre un punto de inicio del proyecto y su variación según transcurra el tiempo de la actividad evaluada. La inversión o coste en la modificación por destrucción o construcción del paisaje se dibuja en el eje y según se desarrolla el proyecto en el tiempo.

El punto de origen (0,0) define el inicio del proceso de valoración paisajística del entorno con el desarrollo del proyecto en el tiempo, ya sea incrementándose en forma positiva o negativa; esto último ocurre en un proceso de destrucción de los factores paisajísticos.

<sup>108</sup> Las variables  $a, b, c, d, \dots, n$  están definidas por la función de transformación

Los límites de la trayectoria son establecidas por la amplitud del proyecto, y la valoración paisajística solo incluye las actuaciones del proyecto dentro del ámbito de ejecución que se desarrollara con el proyecto.

En el siguiente diagrama, se puede observar la posición que ocuparían los datos ambientales; si son antes del inicio de las actividades del proyecto y en referencia al inventario ambiental se colocarán en la zona izquierda del diagrama; iniciado el proyecto a la derecha, los costos o valoraciones negativas en la zona inferior y las positivas en la zona superior del diagrama, y tomando como referencia los ejes de coordenadas xy.



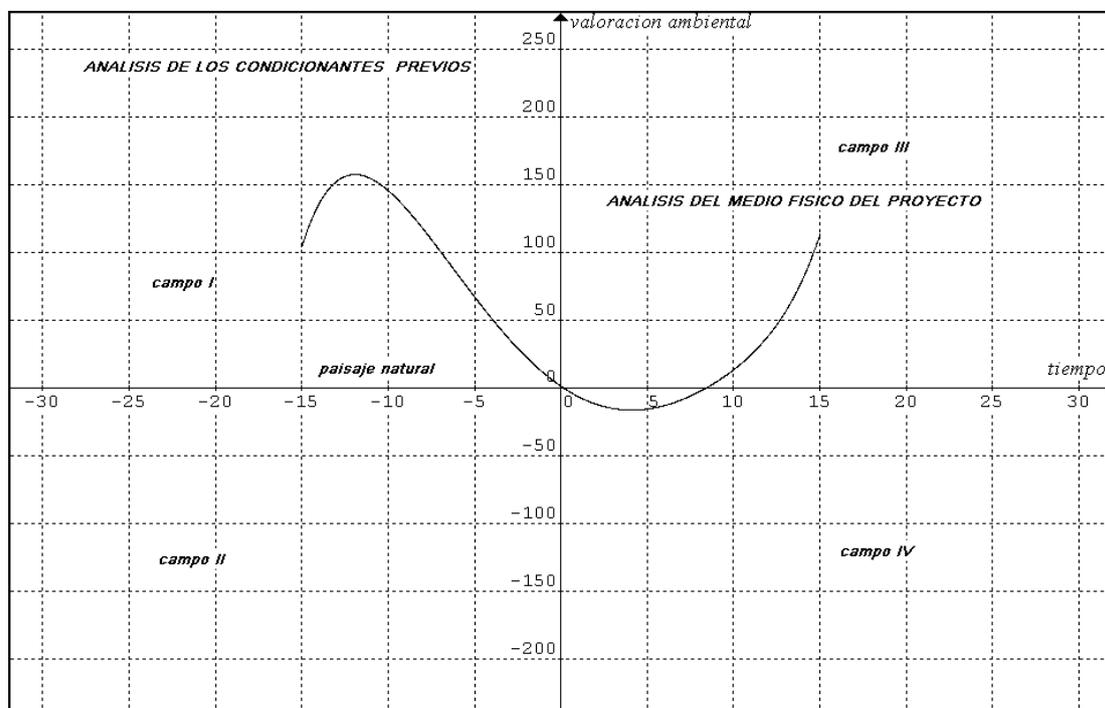
### 3.6 La posición en el diagrama de los datos del proyecto

La cuadrícula de trabajo quedaría dividida en dos posiciones y cuatro campos, tomando como referencia base un paisaje estándar con valoración cero en contenidos paisajísticos:

- a) La evaluación del paisaje natural sin el proyecto:
  - Campo I : valor positivo del paisaje natural, impacto positivo
  - Campo II: valor negativo del paisaje natural con impacto paisajístico negativo
  
- b) La evaluación del paisaje con el proyecto:
  - Campo III: valor positivo del paisaje con el proyecto e impacto paisajístico positivo
  - Campo IV: valor negativo del paisaje con el proyecto, impacto paisajístico negativo<sup>109</sup>

<sup>109</sup> Los pasivos paisajísticos del proyecto son definidos en este campo de valoración

La función que se representa en la siguiente ilustración, tiene valores introducidos, producto de un inventario ambiental realizado antes del inicio del proyecto, valoración en el campo I. En la fase de explotación las acciones del proyecto están reflejadas en el campo IV y III, con valores negativos y posteriormente positivos:



### 3.7 Los campos de valoración de la cuadrícula

La zona izquierda del diagrama<sup>110</sup>, dividida en los campos I y II, según sea el signo de la función a representar, indica la posición de los condicionantes previos al desarrollo del proyecto, que suele denominarse como el inventario ambiental inicial sin el proyecto. En la zona derecha, se dibujan los valores ambientales con el desarrollo del proyecto, en los campos III y IV, según su signo y la trayectoria a seguir de la función.

Es importante definir las fórmulas de cálculo que se emplearán en la valoración ambiental con este método experimental, los indicadores que expresaran los resultados de las acciones del proyecto<sup>111</sup>, los impactos ambientales producidos y las líneas de valoración en los factores ambientales o paisajísticos evaluados.

La forma de valoración:

- a) De las acciones del proyecto

La línea del proyecto o función del proyecto representa las acciones que se van a desarrollar y que influyen sobre el medio físico. La modificación de la calidad del factor ambiental es función

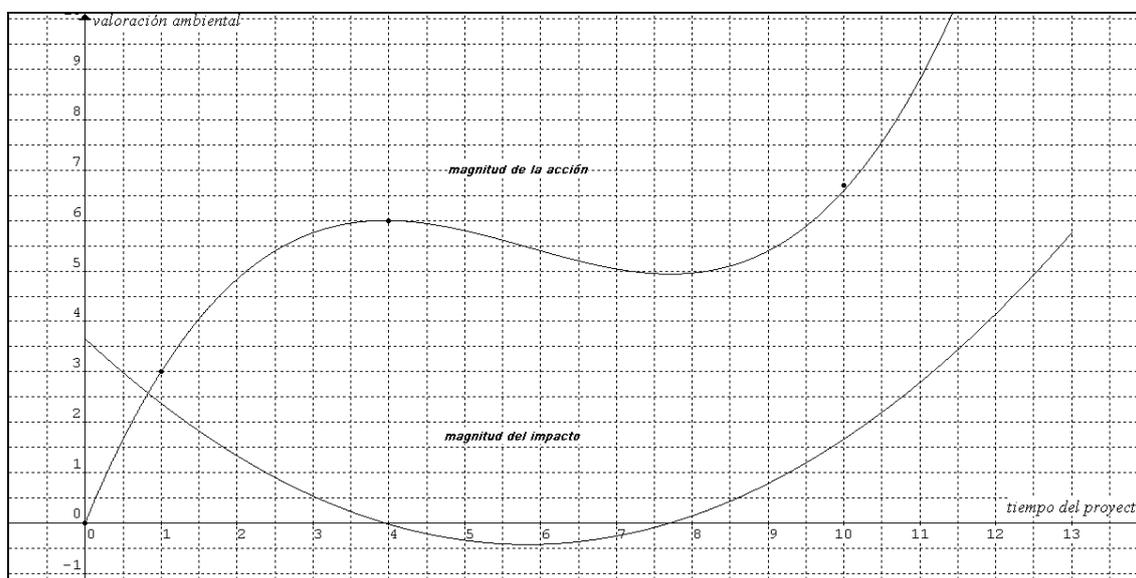
<sup>110</sup> Programa informático Graphamatica 2.0

<sup>111</sup> Definidas como la función o línea de proyecto

de la magnitud, la intensidad y del tiempo de permanencia de la acción, y de otros factores que explicaré más adelante como la reversibilidad de los impactos producidos o la extensión del área de aplicación del efecto.

El resultado obtenido es la pérdida o ganancia de la calidad ambiental denominada el consumo o producción ambiental<sup>112</sup> y que representa el grado de capacidad de absorber el factor del medioambiente por la acción desarrollada en el proyecto. Este mecanismo es lo que comúnmente se denomina como *construcción o destrucción* de un factor del medioambiente.

En la siguiente ilustración se visualiza la magnitud de la acción que está determinada por la valoración ambiental y representa la calidad, y la magnitud de los impactos generados por esta acción de proyecto está representada en forma matemática en la línea inferior. Se observa que las líneas no son paralelas ni tienen una distancia equidistante en todo el tiempo del proyecto porque la fórmula de cálculo de impactos es la derivada de la línea de acción.



3.8 La definición de la magnitud de la acción y de impacto

La definición de la magnitud de la acción del proyecto:

Línea del proyecto = calidad ambiental X tiempo de permanencia de la acción

La línea de proyecto constituye la base del cálculo del cual se obtendrán otros indicadores, y representa la trayectoria de las actuaciones ambientales realizadas o por realizar en el proyecto. En términos de control y seguridad se puede comparar como una huella digital identificadora de la trayectoria y de las actuaciones realizadas por el proyecto en el

<sup>112</sup> Definida como consumo o producción de bienes o servicios ambientales

medioambiente, siendo esta identificación única para cada proyecto salvo que exista otro proyecto similar con acciones y tiempos iguales.

b) De los impactos ambientales

La valoración del impacto generado por la acción del proyecto, se define según el criterio del especialista o de la organización porque interpreta los datos. En la actualidad, no existe una norma común de cálculo que facilite la interpretación de este parámetro tan importante para las evaluaciones ambientales.

Según el criterio utilizado por la Secretaria Técnica Ambiental de Costa Rica (SETENA), para la evaluación de los proyectos productivos calcula la importancia del indicador de impacto mediante la fórmula<sup>113</sup>:

$$\text{Valoración del impacto} = S (3I+2E+M+P+R)$$

Dónde:

- C – calidad del paisaje (porque es valioso)
- I – intensidad de la acción con la que se produce
- E – extensión que afecta la acción (área)
- t – tiempo de aparición de los efectos de la acción
- P – permanencia del efecto
- R – reconstrucción del efecto impactado (reversibilidad)

Otros especialistas ambientales, utilizan fórmulas variadas, incorporando los valores de calidad paisajística o los componentes de intensidad, permanencia o recuperación de la acción; pero como se dijo anteriormente, en este trabajo de investigación utilizaré la valoración del impacto producido como la derivada de la función de proyecto:

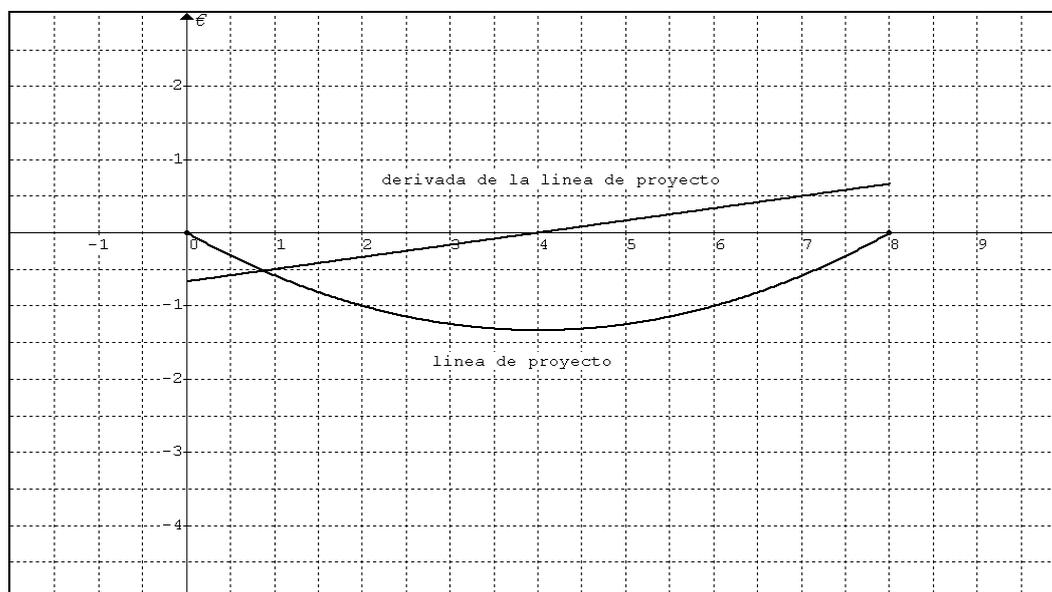
$$\text{Valoración del impacto} = f(x) \frac{dy}{dx}$$

El fundamento de atribuir la derivada de la función de proyecto, como la valoración del impacto producido, radica en la definición matemática de la función de derivada. Se define la derivada de la línea del proyecto, como la rapidez<sup>114</sup> que cambia el valor de la función de la acción; que en términos físicos, representa la cuantía del cambio que se produce en la función sobre la magnitud de la línea de proyecto. Este efecto define la modificación, alteración o cambio que experimenta el condicionante ambiental evaluado, en el tiempo, por una acción desarrollada con el proyecto.

<sup>113</sup> Manual de procedimientos Ambientales, 1997

<sup>114</sup> En términos del paisaje, el cambio es inmediato

En la siguiente ilustración, representa el mecanismo de la valoración ambiental. La derivada de la función de la línea de proyecto, define, en términos numéricos, el valor del impacto instantáneo producido en un momento  $t$ , rango 0-8, que se desarrolla el proyecto.



### 3.9 La valoración del impacto de los factores ambientales del proyecto

En el caso del modelo experimental para la evaluación del sistema paisajístico, no utilizaré la definición del signo como unidades del indicador de las acciones del proyecto, porque todos los resultados son referenciados a los valores monetarios utilizados.

Para los impactos ambientales generados, la derivada de la línea del proyecto, las unidades del indicador también son los valores numéricos o monetarios utilizados en el proyecto, porque representan los costos directos que se producen en la actividad desarrollada<sup>115</sup>.

Las unidades de impacto se definen en términos ambientales, y especialmente paisajísticos, como el consumo de los bienes activos paisajísticos, y son unidades utilizadas por el indicador de valoración para reflejar la calidad del paisaje en el tiempo del proyecto. El diagrama reseña gráficamente la variación producida en unidades de impacto en el tiempo por el aumento o pérdida de la calidad paisajística.

La categorización de la importancia impacto negativo producido como impacto crítico, severo, moderado o compatible, y el impacto positivo como alto, notable, moderado o reducido, será determinado por la pendiente de la curva de impactos multiplicada por la extensión de la alteración generada; lo que indica que a mayor pendiente de la curva mayor es el impacto generado.

<sup>115</sup> Impacto económico de la acción del proyecto

Es importante asignar pesos, o la importancia que ejerce en la valoración global, cada factor ambiental evaluado según el criterio del experto, para una correcta valoración de los factores del medioambiente que intervienen en el proyecto, y será un reflejo de la situación real del entorno ambiental; en este caso los pesos son iguales para cada factor evaluado.

c) De la rentabilidad ambiental sostenida del proyecto

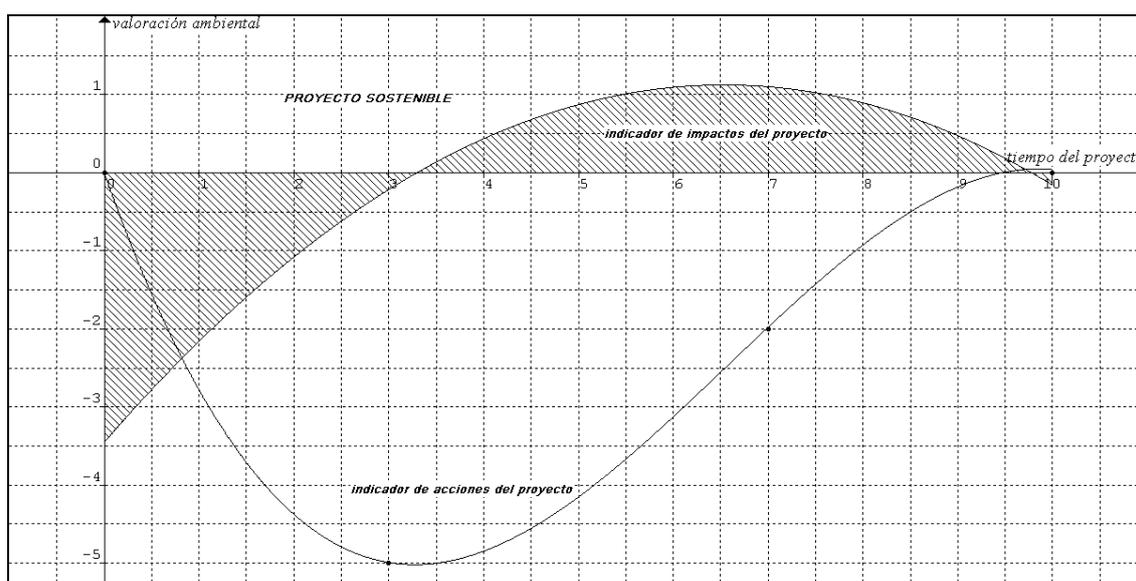
El principio de sostenibilidad ambiental describe que un sistema productivo debe mantener sus recursos en equilibrio en el tiempo que dura el proyecto, y que las acciones de explotación o los impactos generados deben ser inferiores al límite de renovación de sus recursos.

Un proyecto es sostenible cuando cumple la siguiente regla matemática:

$$\sum \text{Impactos positivos} - \sum \text{impactos negativos} \geq 0$$

En el modelo experimental, la representación matemática de la rentabilidad ambiental está definida por la sumatoria ( $\Sigma$ ) de los impactos parciales producidos por el proyecto, o lo que es lo mismo, la integral de la línea de impactos del proyecto. Esta valoración se realiza en toda la vida útil y abarca a todos los impactos generados por las acciones y las medidas restauradoras del proyecto.

En la siguiente representación gráfica de un proyecto, en la etapa inicial desarrolla acciones perjudiciales para el medioambiente, con una trayectoria lineal descendente en la fase de explotación con destrucción de activos ambientales, que generan un impacto negativo:



3.10 La rentabilidad ambiental sostenida del proyecto

Posteriormente, se implementan acciones correctivas o beneficiosas para el medioambiente generando un impacto positivo. La importancia, o el impacto total que se produce, es la sumatoria ( $\Sigma$ ) de los impactos parciales, representado por la zona sombreada del diagrama, que lo define como proyecto con rentabilidad ambiental sostenida.

El factor de rentabilidad ambiental sostenida es el objetivo ambiental final del proyecto por lo que se debe planificar las actuaciones como las medidas restauradoras a implementar para conseguir que la sumatoria global de los impactos producidos en el proyecto sea mayor o igual a cero, o lo que es lo mismo, la sostenibilidad como el resultado final de la evaluación.

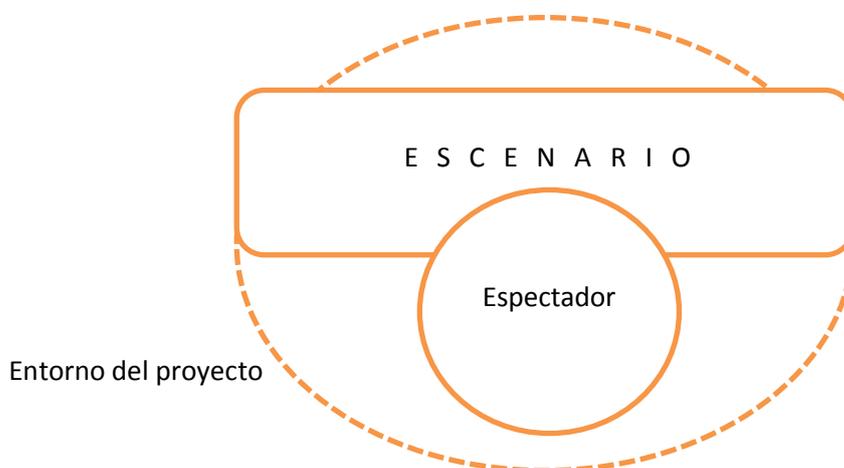
### 3.3.3 LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN

La definición de la sensación del impacto ambiental o del efecto de bienestar-malestar que produce, es la percepción, por los sentidos, de una la modificación producida en las condiciones normales del aspecto físico del medioambiente en una trayectoria de tiempo. Este grado de beneficio, alteración, destrucción o disminución de la calidad ambiental es un factor cualitativo y cuantitativo determinado por el factor de importancia del impacto generado.

El proceso de valoración ambiental puede realizarse desde el punto de vista del espectador con métodos mayormente subjetivos a criterio de este, o hacerlo directamente sobre el escenario con métodos más realistas pero de difícil dominio como la valoración monetaria de los contenidos existentes en el medioambiente.

Los impactos ambientales relacionados con el sentido visual del espectador y el medio físico pueden ser:

- Impactos visuales, percibidos por el observador
- Impactos en el paisaje físico, por modificaciones del escenario sensibles al espectador
- Impactos paisajísticos, que implica la visión integrada de la percepción por parte del espectador y del escenario ambiental con la trayectoria del proyecto.



3.11 La representación del sistema paisajístico

La valoración numérica o monetaria del proyecto está definida por el contenido económico de cada factor ambiental que se desarrolla en el proyecto, y durante todo el tiempo de permanencia de la actividad hasta que se produzca una variación de este valor. Esta valoración puede ser realizada por expertos en la materia, o puede ser producto de estudios o recomendaciones de ingenieros ambientalistas encargados del proyecto, técnicos especialistas o inspectores en evaluación ambiental.

Como un criterio inicial es definir qué factores ambientales serán involucrados en el proyecto o tienen posibilidades de ser alterados o modificados. Pueden ser aspectos medioambientales básicos como los recursos hídricos, la vegetación o el paisaje, o socio económico como la renta per cápita o seguridad y salud de la población. Posteriormente es definir el mecanismo de variación de la capacidad del paisaje para absorber los cambios o modificaciones.

En la siguiente tabla, se definen aspectos que tienen importancia en la valoración de los factores ambientales por la vulnerabilidad en el desarrollo de los proyectos:

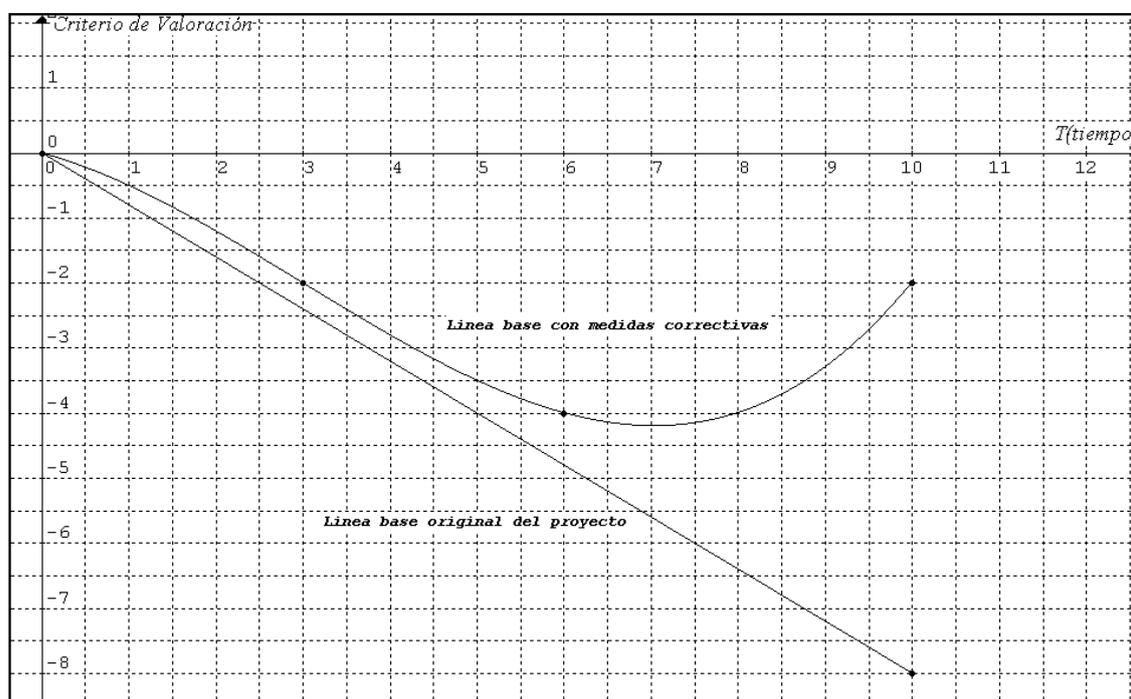
Modificaciones medioambientales por el proyecto
variación de volumen en los recursos hídricos
variación en la calidad del agua
variación en la capacidad suelo
cambios geomorfológicos
variación por erosión superficial
Variación del terreno por movimientos y hundimientos
Daños por inestabilidad de laderas
Variación del número de especies en la fauna
variación de especies de flora
Variación en la cobertura de pastos
Variación por la cobertura de bosques y matorrales
Variación en la capacidad del ecosistemas
Variación en la calidad del paisaje
Variación en el número de puntos de interés
Variación económica en salud e higiene de la población
Variación económica en la seguridad de la población
Perdida o variación en tradiciones y costumbres
Variación en la capacidad de uso agrícola
Variación en la capacidad del uso urbano
Variación en la capacidad del uso industrial
Pérdida de puntos de interés turístico
Variación en la la renta per cápita de la población
Variación en el nivel de empleo de la población
Variación en el consumo y bienestar social
Modificación de otros elementos ambientales

### 3.12 La vulnerabilidad ambiental

Estos parámetros han sido elegidos según un análisis realizado por expertos, que pueden ser alterados o modificados en sus capacidades por las acciones y actividades generadoras de impactos en el proyecto.

Todos estos aspectos ambientales especificados son medibles en la magnitud y en el tiempo, según los criterios de valoración que se establezcan; y están directamente relacionados con la variación de los indicadores ambientales por la pérdida o ganancia en las capacidades de modificación.

En la siguiente ilustración, se observa como estos indicadores ambientales varían según el tiempo y las medidas adicionales que corrigen la trayectoria de la acción del proyecto:



### 3.13 La capacidad de modificación ambiental

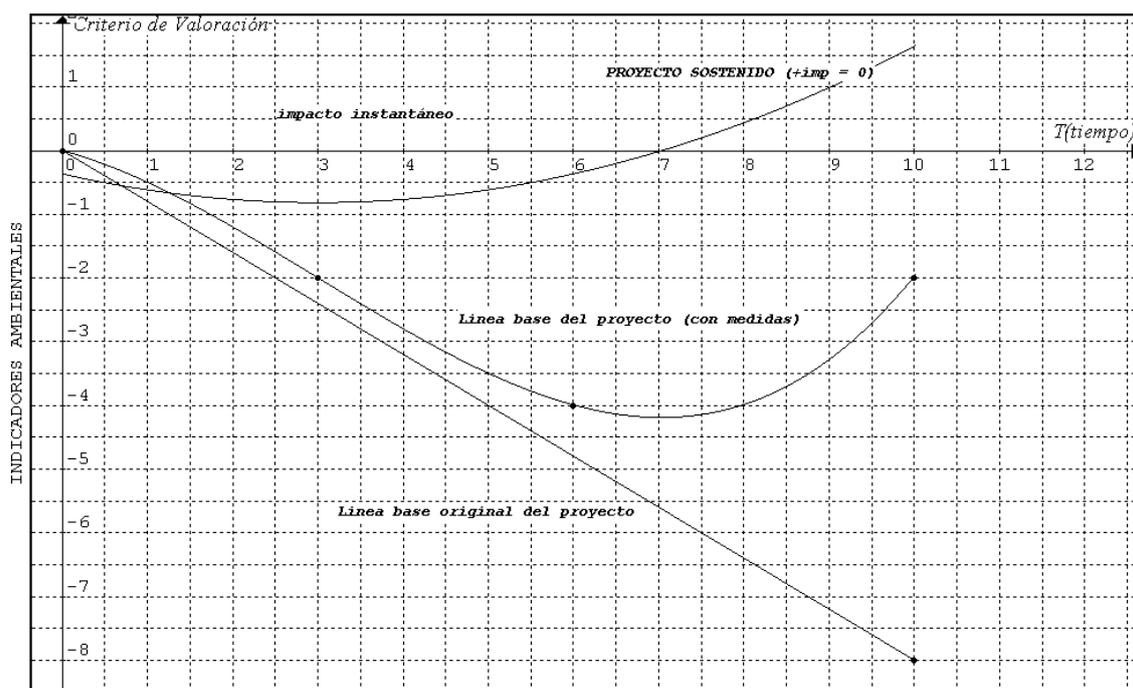
En todo el proceso de investigación de los proyectos, se trabajará con criterios de valoración reales como la valoración económica y ambiental de los factores, para determinar principalmente el impacto paisajístico que se genera con el proyecto, a fin de obtener resultados útiles para los objetivos de este estudio. Para esto es preciso disponer de una función de valores asociada, que permita establecer datos de la calidad paisajística en el tiempo de desarrollo del proyecto.

La valoración paisajística<sup>116</sup> en el tiempo, es definida por la línea base original del proyecto con los datos económicos que representan el valor del paisaje en el tiempo, y que dependiendo de la actividad del proyecto el incremento de destrucción del paisaje puede ser constante con un

<sup>116</sup> Es la integración en el paisaje de todos los aspectos ambientales

resultado de temporal o permanente. La línea base de acciones del proyecto puede modificarse con medidas ambientales que corrigen esta destrucción del paisaje.

A continuación, se observa como el proyecto de la ilustración anterior obtiene la calificación de *sostenido*, realizando la sumatoria de impactos ambientales parciales en el tiempo, y generados por las acciones del proyecto; donde el resultado final de esta sumatoria es igual o mayor de cero:



### 3.14 La capacidad de modificación ambiental (continuación)

Este modelo de valoración puede diseñar acciones, adicionar o eliminar, y modificarlas según juicios específicos a realizar, de forma que se consiga un impacto final con criterios de sostenibilidad del proyecto.

Como dije anteriormente, la sostenibilidad en términos matemáticos de un proyecto se define por la sumatoria ( $\Sigma$ ) de las derivadas de la función de la acción en todo el tiempo del proyecto, si esta es  $\geq 0$  será un proyecto con impacto global positivo o un proyecto sostenido; y si el valor es menor que 0 el proyecto causará destrucción en el factor ambiental, y se considerará como un proyecto no sostenido.

En términos medioambientales un proyecto es sostenido cuando evita hacer daño al entorno, tiene una visión integradora de las actuaciones, contemplando el ahora y el después para que no pueda ser afectado el factor ambiental, y que se practique un manejo equilibrado de los recursos utilizados asegurando que no se comprometa la disponibilidad futura de los mismos o bien que sean reemplazados durante el mismo periodo de tiempo.

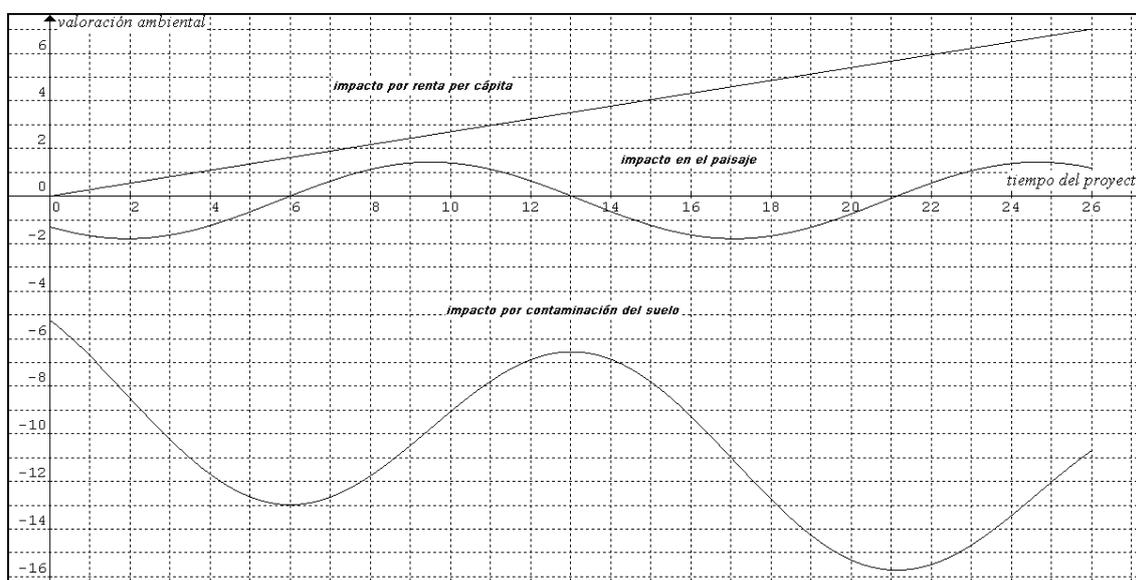
Es necesario investigar en el tema la importancia que se da a los parámetros ambientales, ¿qué aspecto ambiental tiene mayor o menor peso en la valoración?<sup>117</sup>, o, ¿Qué factor ayudará a conseguir la rentabilidad sostenida del proyecto? En principio todos los factores ambientales tienen el mismo peso específico para el criterio de evaluación y valoración, pero se tendrá en cuenta el impacto total generado por determinadas actividades del proyecto.

Como ejemplo de este método de valoración ambiental, el proyecto ficticio con elementos y características particulares puede resumirse en la actividad por tala de madera en una pequeña plantación. El impacto positivo lo genera la venta de la madera valorando el factor socioeconómico de la renta. El paisaje del entorno se contrae y expande en su valoración con la regeneración vegetal, y el impacto negativo lo produce la contaminación del suelo es por la desertización generada con la tala de los árboles.

El proyecto genera una gran alteración paisajística global de impacto negativo; y los factores ambientales impactados por el proyecto, son:

- La renta
- El paisaje
- El suelo

El siguiente diagrama, se representa las acciones del proyecto y la valoración ambiental:



### 3.15 La valoración de las acciones del proyecto paisajístico

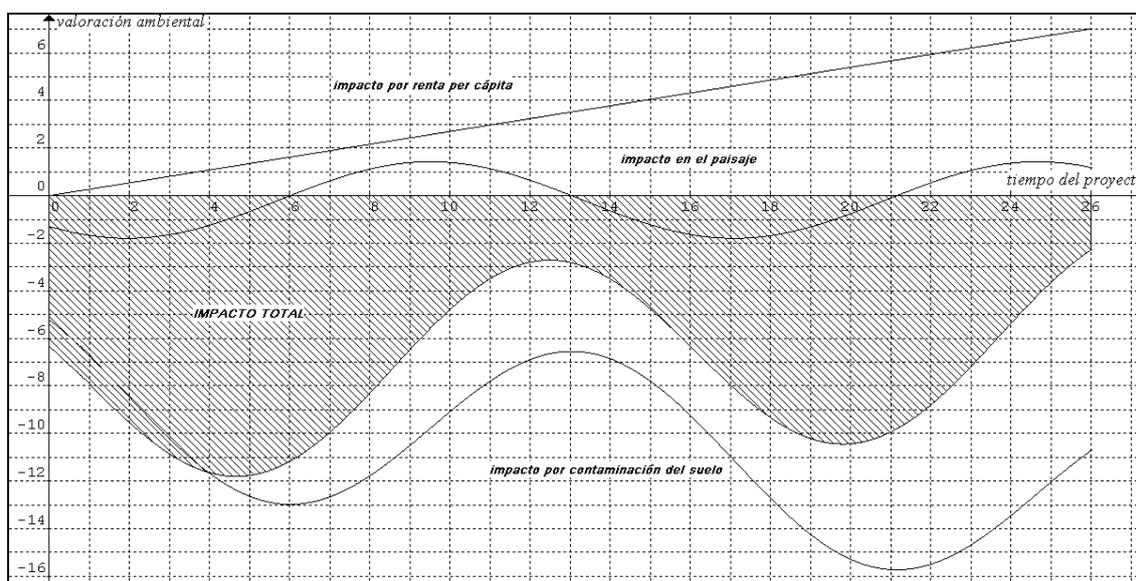
El impacto de la renta o el grado de bienestar que percibe la población por desarrollar una actividad productiva en el sistema, es una valoración positiva en todo el tiempo del proyecto. El impacto en la calidad de los recursos hídricos y paisajísticos es oscilante en el tiempo, con

<sup>117</sup> Criterio subjetivo utilizado en acciones políticas donde el peso de cada factor ambiental es diferente

indicadores de impacto por la contaminación del suelo que se produce por la actividad, siendo un valor negativo con variación en el tiempo.

Los factores ambientales considerados son la renta de la población, el paisaje y el suelo del entorno ambiental del proyecto; y tienen el mismo peso ponderativo en la valoración del paisajística. Los resultados en la producción y el consumo ambiental final que generan las acciones que se realiza en el proyecto en todo el tiempo  $t$  será la suma de los valores parciales de cada aspecto ambiental evaluado.

En la zona sombreada del siguiente diagrama se aprecia el coste monetario o impacto económico total generado, que soporta el sistema paisajista del proyecto. Hay que tener presente que *el sistema paisajístico del proyecto* abarca a todos los aspectos ambientales valorados del proyecto. En este caso el proyecto desarrolla impactos por renta per cápita, el paisaje y el suelo, siendo el primero beneficioso y los segundos con alteraciones o impactos ambientales negativos.



### 3.16 El impacto total del proyecto paisajístico

La actividad del proyecto que se valora, es el corte de madera con objetivos económicos en la producción, donde las variables evaluadas como activos ambientales son la renta, el paisaje y el suelo. Los ingresos en la renta producto de la actividad son constantes, las variaciones de valor en el paisaje y la contaminación del suelo vienen dadas por los periodos de explotación con la tala de los árboles.

En resumen, esta es la representación gráfica del proyecto, que, evaluando las variables ambientales que intervienen, otorgan al mismo, una identidad propia, y una trayectoria particular en su evaluación, haciendo exclusivo y fácilmente diferenciable de otros proyectos con las mismas características técnicas y ambientales.

### 3.3.4 LA VALORACIÓN MONETARIA

Existen teorías opuestas en diferentes aspectos en la valoración monetaria de los daños ambientales producidos por las acciones de un proyecto, sobre todo por la complejidad en su proceso de evaluación y tratamiento empezando por aspectos tales como la grandeza por la inconmensurabilidad de la acción, llegando a la pluralidad en los valores utilizados para el procedimiento de valoración, como lo exponen varias ONGs ambientalistas<sup>118</sup> que cuestionan la veracidad de su aplicación en las evaluaciones ambientales.

Surgen algunas preguntas, ¿Cuál es el valor monetario de una vida humana?, ¿Cuál es el valor de la degradación del paisaje? o ¿ante los daños que se producen en la salud, con la destrucción de un contexto cultural o en la degradación irreversible del medio ambiente, es adecuada, pertinente y útil una compensación monetaria? son respuestas que quedan en el aire y que es conveniente analizarlas adecuadamente.

La metodología de asignar valores numéricos a los impactos o daños ambientales producidos es un proceso altamente subjetivo porque depende de la forma y modo de valoración que desarrolle el equipo de expertos que estudian el entorno, y depende en gran medida de la suposición y la metodología que se emplee en el proceso de evaluación. Esto supone que, por ejemplo, no se refleje el valor total en el daño sufrido o que los impactos no puedan ser reparados ni compensados de forma adecuada.

Al respecto, para Grimaldo *et al* (2004), *“el método de valoración de los daños o pasivos ambientales se fundamenta en la misma premisa a partir de la cual se realiza la valoración monetaria de bienes y servicios ambientales que determina la forma en que se usa el dinero como medida para indicar ganancias, beneficios, costos, pérdidas, gastos o pasivos. Usar el dinero como una unidad de medida es fundamental para la presentación de los estados y resultados financieros ya que los consumidores expresamos nuestras preferencias en esos términos”*<sup>119</sup>.

Pero dejando de lado estas cuestiones racionales, no por su importancia sino por la necesidad de avanzar en el tema técnico de esta investigación, las evaluaciones ambientales se dirigen al daño ambiental o impacto producido como un problema de índole cuantificable con datos numéricos que reflejan un mucho o poco, y que al ser el estudio del medioambiente una ciencia debe resolver el problema con soluciones científicas como otras materias exactas, las matemáticas, la física o la química, y como se propone con el modelo experimental de valoración del medio ambiente de esta investigación.

Para resolver un problema matemático es necesario que las unidades utilizadas en la valoración del problema sean comunes y homogéneas para una correcta comprensión del enunciado o la teoría del problema, y que todos los datos estén referenciados a la misma unidad de medida para resolverlo adecuadamente.

---

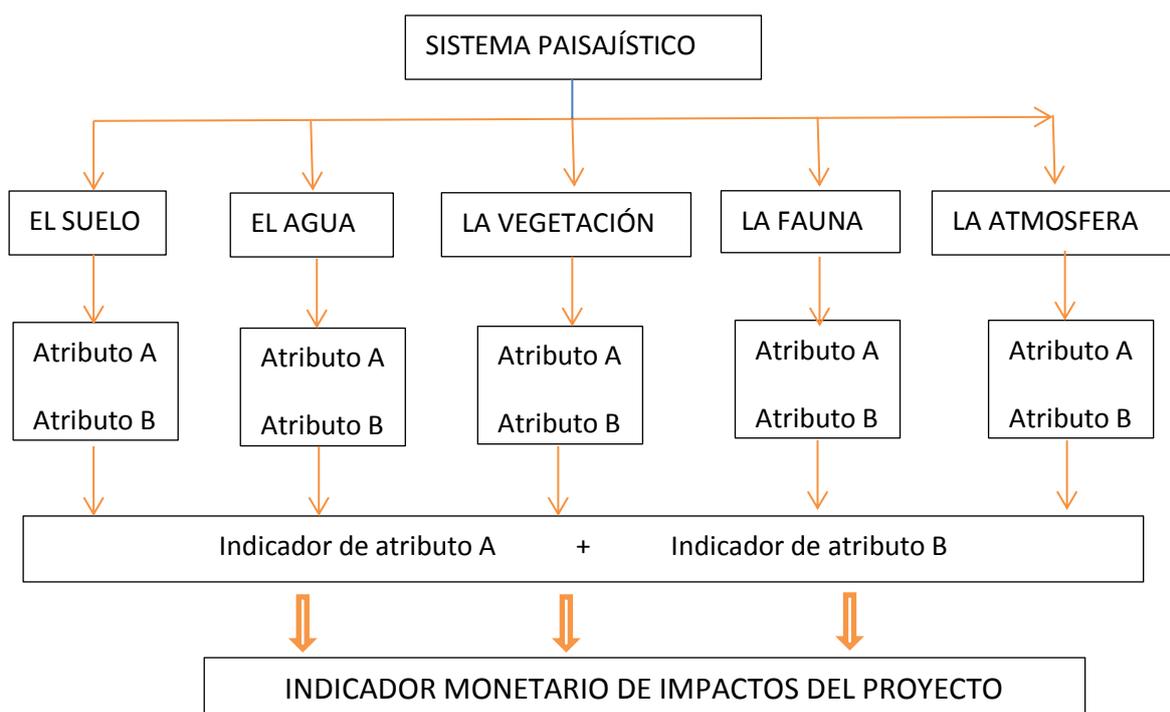
<sup>118</sup> [www.observatoriodeuda.org](http://www.observatoriodeuda.org)

<sup>119</sup> <http://www.saber.ula.ve>

La metodología de los criterios definida en varios libros como “La metodología multicriterial y los métodos de valoración de impactos ambientales”<sup>120</sup> o por los “Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio”<sup>121</sup>, hablan específicamente que las teorías de valoración monetaria tratan de dar un valor económico a los bienes del medioambiente aunque no tenga precio pero si un valor inconmensurable y hay que mirar esta valoración desde una visión colectiva del escenario y del espectador, como es el caso del daño o impacto paisajístico producido.

Los componentes ambientales en un sistema paisajístico están inexorablemente interrelacionados como todos los impactos ambientales generados que se producen por el proyecto. Una valoración común expresada por el indicador ambiental estaría dada por la valoración monetaria de todos y cada uno de los componentes del sistema paisajístico en este caso, el agua, el suelo, la vegetación, la fauna, la atmosfera y otros elementos de menor importancia ambiental pero con un posible impacto en el entorno.

El mecanismo de valoración monetaria en el sistema paisajístico podría representarse de la siguiente manera:



3.17 La valoración monetaria en el sistema paisajístico

El sistema paisajístico engloba aspectos del medioambiente, y está compuesto por los factores físicos del entorno como el agua, la vegetación, la fauna, la atmosfera, el suelo y otros elementos. Cada uno de estos factores tiene varios atributos, características medibles o

<sup>120</sup> Serafín Corral Quintana y María Estrella Quintero, 2006

<sup>121</sup> José I. Barredo, 1996

cuantificables con diferentes indicadores ambientales como: %, €, DBO,  $\frac{3}{5}$ , kwh o  $\text{kgxm}^2$ , y otros de mayor complejidad y difícil comprensión, pero existe un denominador común a estos indicadores de medición, que es la transformación de datos y detalles del medioambiente en valores numéricos o monetarios.

Las principales características de un indicador de impactos ambientales son:

- que sea valorable de una forma sencilla
- que represente la alteración producida
- que refleje las características que van a ser alteradas

Según Arce (2002) "...es recomendable que exista cierta independencia en los indicadores para que no produzcan variaciones en los valores del conjunto y evitar la doble contabilidad de los efectos producidos, y aplicar un peso diferente a cada uno si es necesario". Esta afirmación puede ser correcta si no se lleva un control preciso de los parámetros evaluados en el procedimiento de valoración ambiental.

Con la herramienta de transformación de los indicadores originales de componentes ambientales o del sistema paisajístico en general, a valores monetarios, se consigue una homogenización que todos los datos de las acciones expresados con criterios de producción y consumo ambiental, y de los impactos producidos<sup>122</sup>.

Además conlleva que estos datos puedan leerse y comprenderse con más facilidad debido a su fácil interpretación.

Se consigue así:

- Una correcta evaluación porque se aplican solo los costes directos a las acciones y se evita una doble contabilidad
- Es más fácil para evaluar los efectos secundarios de las acciones del proyecto

Por ejemplo, en el caso de proyectos con contenidos de pasivos ambientales, el aspecto a destacar en la evaluación son los daños ambientales o impactos paisajísticos producidos, de forma permanente y que no sufren variación porque no existen efectos secundarios, o si existen son mínimos y se mantienen constantes en el tiempo.

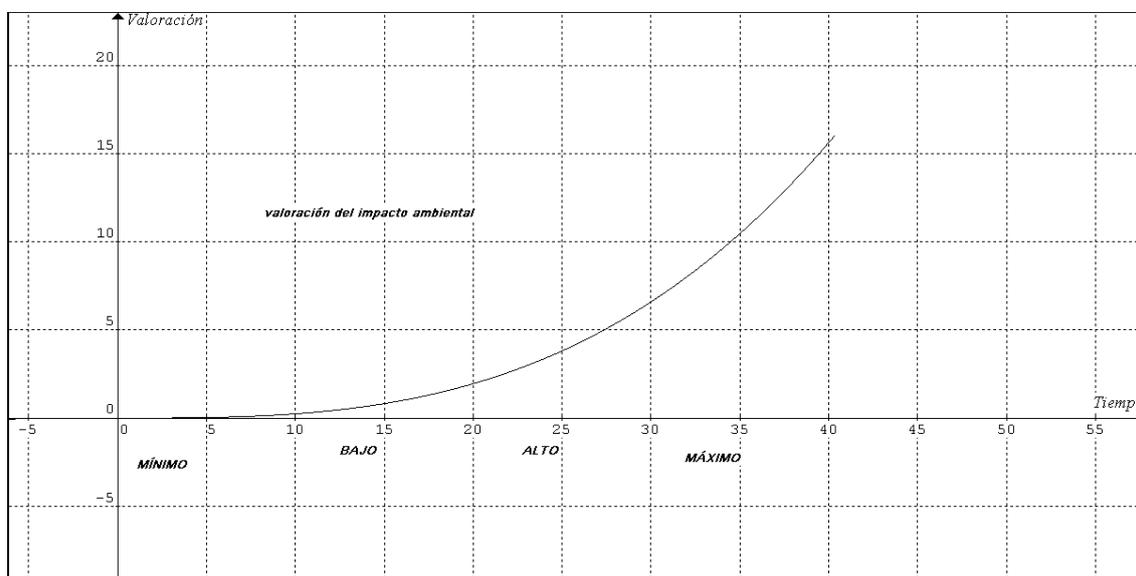
Lo que quiere decir que la valoración monetaria estará basada en la simple regla matemática de multiplicar la valoración ambiental inicial producto del inventario después del proyecto por el tiempo transcurrido, un simple principio fácil de resolver con la técnica propuesta.

La siguiente ilustración, representa un proyecto paisajístico de recuperación de terrenos afectados por la minería; sus acciones generan un impacto beneficioso al medioambiente, y es representado mediante una función gráfica con parámetros de valoración monetaria del efecto en el periodo transcurrido.

---

<sup>122</sup> Según Pere Riera, el impacto producido es la externalidad en la variación del bienestar que experimenta el individuo, y el coste o beneficio de esta acción se mide en unidades monetarias (Manual de economía ambiental y de los recursos naturales, 2005).

La valoración monetaria de la acción se ha dividido en campos de mínimo a máximo según la magnitud de la intensidad aplicada en cada momento:



3.18 La valoración monetaria de la acción del proyecto

Se representan los costos o inversiones directas en la acción del proyecto, en este caso podría definirse como la acción de una máquina excavadora extrayendo del suelo material contaminado, y la fuerza de la máquina para acondicionar un terreno degradado, formulado físicamente en unidades de costos por volumen trabajado ( $\$/m^3$ ). En términos de la evaluación y valoración paisajística será expresado en la tabla como un costo o producción ambiental expresada con un valor económico o monetario.

Evolución del proyecto (días)	5	15	25	35	40
Valoración de la acción (\$)	100	200	800	10.000	15.100
Valoración del impacto (\$)	10	24,50	117	287	400

3.19 La valoración monetaria paisajística

El cálculo total de esta acción, supuestamente beneficiosa para el medioambiente es de 156,25 unidades, por ejemplo, miles de dólares, y el tiempo de ejecución es de 40 unidades, por ejemplo, en días. El costo directo del trabajo sobre el terreno es de 22 dólares por hora trabajada.

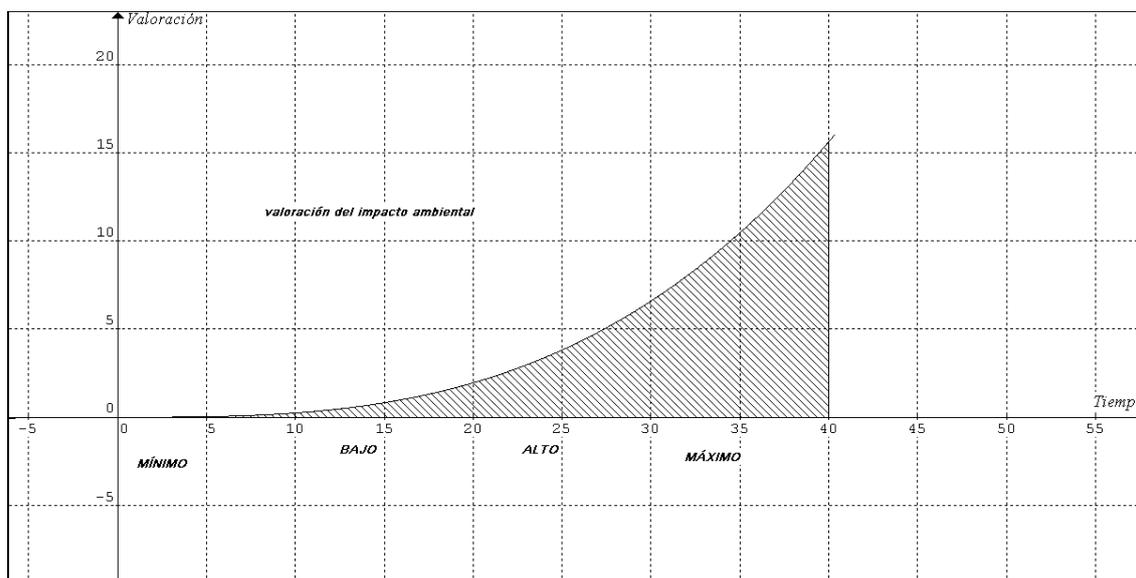
La explicación del mecanismo de valoración ambiental de la actividad del proyecto es sencilla: en el inicio, la actividad de acondicionar el terreno por la máquina excavadora es mínima, incrementándose en el tiempo, llegando a la conclusión del trabajo en 40 días, con una

valoración de la acción de la excavadora de 3.900 dólares por unidad de tiempo, que generará un impacto beneficioso pero es constante en todo el tiempo del proyecto según el grado de sensibilidad ambiental del terreno.

La valoración del impacto generado es variable en el tiempo, según la evolución del proyecto, en un rango, desde 0 hasta 400 unidades monetarias. El impacto producido por la acción de recuperación del terreno equivale al efecto en el grado de bienestar alcanzado por el espectador en cada momento, por esta acción. La evolución de la acción beneficiosa sobre el suelo, extrayendo el material contaminado, es medida económicamente, según el método expuesto en la investigación. Un mayor tiempo de trabajo de la máquina excavadora sobre el terreno contaminado, por consiguiente, una mejora en el aspecto exterior del terreno, logrará un mayor efecto en el grado de bienestar del espectador.

Por la técnica matemática, el resultado de la aplicación de la derivada en la función de las acciones, denominada como la línea del proyecto, es la operación de transformación de cada acción en efectos de impacto<sup>123</sup>, que serán percibidos por el observador como el grado de bienestar o malestar que produce; y que se traduce en la variación instantánea que sufren las acciones del proyecto en su trayectoria.

Gráficamente, se puede definir la función de impacto de la siguiente forma:



3.20 La valoración del impacto beneficioso del proyecto

La conclusión del modelo de evaluación o valoración económica del proyecto propuesto anteriormente, es la siguiente: la razón de la modificación por la acción beneficiosa del proyecto en el factor ambiental suelo, o en el sistema paisajístico compuesto por este

<sup>123</sup> En el paisaje, la transformación de la acción en el efecto de impacto es instantánea, y es la derivada de la función de las acciones o línea del proyecto

elemento, es de 22 dolares a la hora, o lo que es lo mismo 3.900 dolares al mes, lo que indica que la modificación del paisaje es relativamente lenta pero constante en el tiempo.

Otra referencia a la valoración del paisaje es la que hace Conesa (2010) en la valorización indirecta de los componentes que lo integran. “Casi todos los métodos de valorización se basan en la idea que solo se pueden realizar en forma directa, pero utilizan la desagregación de componentes del paisaje, bien para refrendar o contrastar la valoración directa, bien para facilitar dicha valoración”.

Según esta teoría, se definen los componentes del paisaje, sistema paisajístico, de forma completa y se realiza una valoración directa de cada uno de estos elementos contemplando los pesos de importancia de cada uno de ellos, eliminando los componentes menos significativos y realizando, a continuación, la valoración completa.

Además, solo detalla los elementos y las funciones de impacto donde puede ser modificado el sistema paisajístico:

- La topografía y el suelo
- La vegetación
- El agua
- La naturalidad
- La singularidad

Este planteamiento es aplicable al modelo propuesto en la investigación, con la salvedad que el término paisaje, definido como sistema paisajístico, engloba a todas las actuaciones y acciones del proyecto, y a los factores receptores del medioambiente como un mecanismo dinámico de transformación del sistema en el tiempo de desarrollo del proyecto. La lista de factores ambientales y las funciones modificables por el proyecto está incompleta, por lo que la valoración global del sistema paisajístico puede llevar a errores en su evaluación final.

De forma general, podemos concluir con la afirmación que hace Riera (2005). “La externalidad es un coste o beneficio, y en consecuencia se mide en valoración monetaria. Corresponde a la variación de bienestar (impacto) debido a una actividad económica, ya sea de producción o consumo, y quien soporta el impacto es una tercera persona, no tenida en cuenta por quien la provoca”.

Un proyecto más complejo de esta valoración del sistema paisajístico puede incluir otras medidas adicionales<sup>124</sup> como las medidas preventivas, correctivas y compensatorias con el fin de minimizar o eliminar los impactos negativos del proyecto.

Estas medidas restauradoras adicionales pueden involucrar:

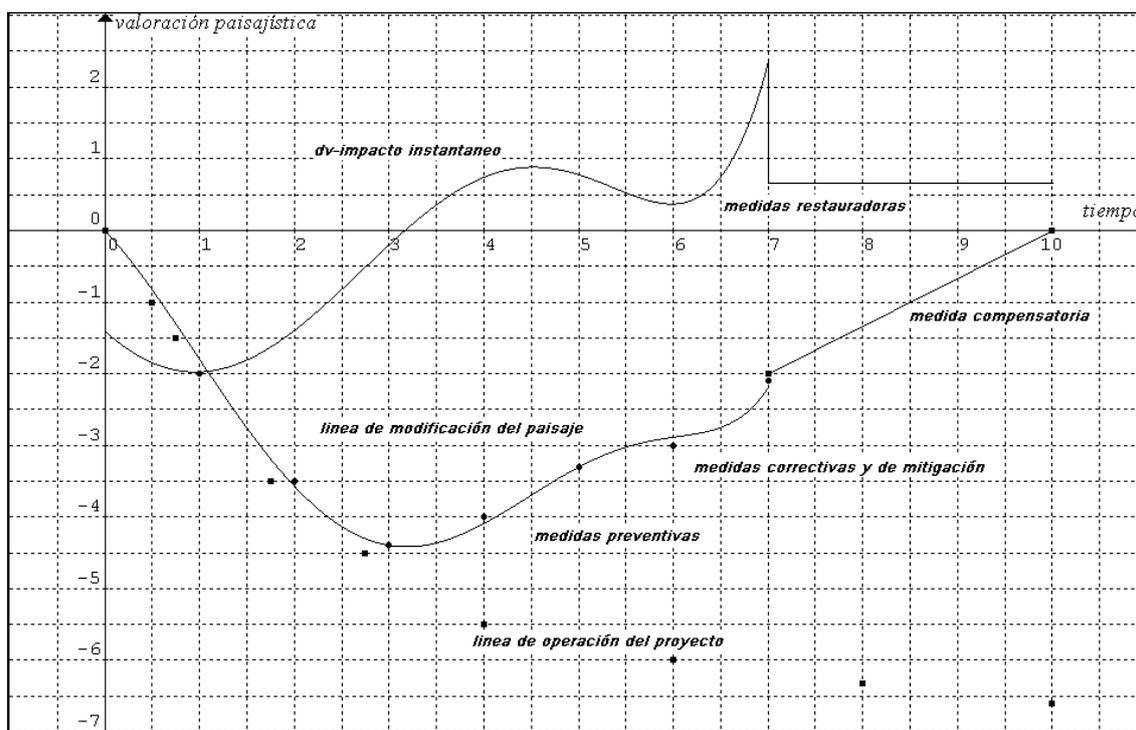
- Medidas de diseño
- Medidas sobre las formas
- Medidas sobre la textura y el color
- Medidas sobre la visibilidad

---

<sup>124</sup> valoración de medidas restauradoras del proyecto explicadas en el apartado 5.7

El proyecto en su fase de explotación modifica el paisaje negativamente, y se implementan medidas preventivas con el fin de minimizar los impactos generados en el medioambiente. Adicionalmente se ajustan las medidas correctivas y mitigadoras al proyecto para lograr reducir más estos impactos producidos, pero sin conseguirlo efectivamente, por lo que se aplica un programa de medidas compensatorias adicionales para aminorar o camuflar los impactos ambientales generados por el proyecto.

En el siguiente gráfico, se puede observar la línea de operación del proyecto y los puntos de valoración, y la trayectoria que sigue la línea de impacto instantáneo-dv o el impacto paisajístico inmediato que genera el proyecto en su evolución en el tiempo:



### 3.21 La integración ambiental del proyecto con medidas restauradoras

La modificación de la trayectoria original del proyecto, es producto de la implementación de medidas restauradoras, preventivas, correctivas y de mitigación; siendo la externalización del efecto, un impacto positivo en el tiempo, gracias a la medida compensatoria que se aplica de forma permanente al final del proceso, o en la etapa de abandono.

Todo este diseño de valoración paisajística en el tiempo de evolución del proyecto, se realiza con parámetros numéricos o monetarios sobre la calidad ambiental en los factores evaluados.

Como un ejemplo, se implementan nuevas medidas de diseño, con la adaptación de las formas al medio y la localización de estructuras y fuentes operativas, además se evalúan formas alternativas como plantaciones de vegetación o el rediseño de repoblaciones, que pueden dar mejores resultados en la evaluación del proyecto.

Como una medida correctiva alternativa se puede adicionar vegetación o césped artificial para favorecer la integración paisajística del proyecto al entorno, o nuevas estructuras ambientales como ecogeneradores o plantas solares, con aplicaciones útiles para la explotación del proyecto. Como medida compensatoria adicional para minimizar los impactos generados puede consistir en la introducción de un punto verde de reciclaje que puede ayudar a este proceso alternativo.

Como resumen, la implementación de pautas adicionales de restauración con la aplicación de medidas preventivas, correctivas y compensatorias en el proyecto, logra la rentabilidad ambiental sostenida de las actuaciones del proyecto productivo, y que se *disfracen* los impactos negativos generados, integrando, el sistema paisajístico, al entorno ambiental del proyecto.

### **3.4 EL ESCENARIO PAISAJÍSTICO DE EXPERIMENTACIÓN**

El paisaje puede ser evaluado de muchas formas, distintos métodos y con resultados diferentes según los objetivos propuestos.

También puede valorarse, según el método utilizado, analizando el escenario en donde se desarrolla el proyecto como puede ocurrir con un paisaje natural, turístico, urbano, industrial o minero; pero los objetivos del estudio en su valoración es la norma principal que determina el ámbito ideal para realizar la investigación y experimentación.

En otro punto de vista, el paisaje puede ser analizado desde dos perspectivas, primero desde la observación del espectador, evaluando las pautas de visibilidad o el grado de fragilidad visual que observa, y desde un escenario como si se tratara de una fotografía donde se tiene que valorar los elementos alterados o modificados por el proyecto.

Con el análisis estos parámetros el objetivo principal de esta investigación es evaluar la variación del paisaje de forma integral en toda la vida de un proyecto, lo que quiere decir, apreciar los cambios que se producen en los valores del paisaje cuando avanza las distintas fases del proyecto como si se tratara de una sucesión de fotos.

El escenario más adecuado para analizar el proceso paisajístico es un escenario dinámico con variaciones marcadas suficientemente perceptibles y evaluables como son los paisajes mineros. La dureza y la poca fragilidad del paisaje confían a la investigación de la evaluación ambiental un marco particular y adecuado para la experimentación.

Las zonas mineras están divididas por:

- Elementos naturales
- Activos mineros
- Pasivos mineros

Dentro de los paisajes mineros, un escenario adecuado para experimentar e investigar el factor ambiental del paisaje en los proyectos y analizar sus cambios con la metodología de

valoración propuesta son los *pasivos ambientales* que existen en la actualidad en la mayoría de explotaciones mineras.

El pasivo ambiental minero está constituido por uno o varios elementos que son observados por el espectador, que terminaron su función de actividad productiva en la etapa de explotación minera, y que en su momento no fueron recuperados con medidas adecuadas, o fueron abandonados sin ejecutar pautas ambientales adecuadas en el cierre de la explotación minera.

La característica principal de un pasivo minero, es la de constituir un entorno material que genera un cambio negativo en la valoración del paisaje causada por la inactividad del objeto, o por una acción dinámica con consecuencias perjudiciales, produciendo una variación en la valoración del paisaje, que se traduce en el impacto paisajístico que será evaluada por el receptor visual.

Pero el término de pasivo ambiental minero no indica necesariamente el cese de la actividad económica de un elemento material minero sino puede ser también una acción minera que desarrolla una función, alterando el paisaje del entorno como el almacenamiento de material de desecho o el vertido de un efluente líquido mientras sigue la actividad productiva.

Los cambios que se producen en el valor del paisaje son principalmente por:

- Deterioro por actividades mineras
- Alteración por acciones mineras
- Modificación de los componentes del paisaje
- Introducción de nuevos elementos
- Ocultación y destrucción del paisaje natural
- Eliminación de componentes paisajísticos
- Cambios de función por acciones mineras

Como he dicho anteriormente, la metodología a emplear en la valoración paisajística será la pérdida o ganancia de valor inicial como un consumo o producción ambiental, lo que representa la variación del valor paisajístico por el deterioro, alteración, modificación, introducción, eliminación o cambios de función que afectan al sistema en los proyectos en general y a los mineros en particular.

La innovación del sistema de valoración paisajista y el escenario de experimentación del método en los pasivos mineros que se presenta, constituye un reto para la realización de esta investigación, y sus resultados puedan concluir en propuestas interesantes para la evaluación del impacto paisajístico en los proyectos y su integración ambiental, haciéndolos más sostenidos y rentables, económicamente.

Esta idoneidad puede ser medible por:

- Innovación de la metodología de evaluación ambiental
- Variables en el paisaje a evaluar
- Continuidad del análisis en todas las actividades del proyecto
- Flexibilidad de aplicar medidas restauradoras en el tiempo del proyecto

La evaluación paisajística, consiste en valorar adecuadamente el proyecto siguiendo la metodología del modelo de valoración ambiental expuesto en el escenario experimental. Con este análisis detallado del proyecto minero se consigue una visión ambiental integral.

Es importante resaltar que en el análisis y evaluación de un sistema paisajista en general, está condicionado, principalmente, por las características particulares de cada proyecto; pero además, tiene que valorarse factores comunes a todo ellos, como el escenario donde desarrollarse, los observadores que participarán, el proyecto minero a ejecutarse, y otros elementos que están interrelacionados, y que servirán de indicadores para valorarlo de una forma integral:

- a) Los datos del proyecto minero, es la descripción de la actividad y de los problemas ambientales más notorios que se presentan en el proyecto.
  - Antecedentes
  - Tipo de actividad
  - Tamaño de las instalaciones
  - Ubicación y entorno de las instalaciones
  - Condiciones topográficas del área
  - Redes de comunicación en el entorno
  - Tiempo de instalaciones y de su entorno
  
- b) Las condiciones paisajísticas del entorno, se refiere a la valoración del paisaje minero en función de los elementos paisajísticos que se detectan.
  - Fragilidad visual como la capacidad de absorción de modificaciones  
Factores biofísicos:
    - Densidad de vegetación
    - Enmascaramiento
    - Diversidad de estratos naturales y artificiales
    - Contraste cromático
    - Pendientes
    - Áreas vistas
    - Zonas de sombra
    - Alargamiento de formaFactores perceptivos (facilidad de penetración visual)
  - Factores históricos y culturales
  
  - Visibilidad:
    - Alcance
    - Perdida de nitidez
    - Ángulos de incidencia visual
    - Intrusión visual
    - Susceptibilidad
  
  - Calidad de los elementos visuales (evaluación y comparación):
    - Color
    - Forma
    - Línea
    - Textura (grano, densidad, regularidad, contraste interno)

Escala

Espacio (cerrado, focalizado, dominado por un elemento)

- Impacto visual (perturbación del proyecto minero en el paisaje)  
Contraste  
Dominancia visual

Finalmente, se señalan las medidas restauradoras como una solución adicional al impacto generado por el proyecto en el escenario. Después de analizar y valorar todos los problemas que se presentan en el paisaje minero es necesario proponer una solución experimental que dé respuesta a cada uno de ellos utilizando la tecnología existente, sean medidas preventivas, correctivas y compensatorias.

## **CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

1. El escenario y el observador son elementos estáticos; el proyecto y sus actuaciones transforman el entorno ambiental en forma de una función dinámica, constituyendo un sistema integrado.
2. El paisaje es solo el escenario que apreciamos, y el sistema paisajista incluye al observador, lo observado y la trayectoria del proyecto en este entorno ambiental. La función de la evaluación ambiental estratégica es integrar el sistema paisajista al entorno ambiental.
3. El proyecto es una sucesión ordenada de datos ambientales en el tiempo. La trayectoria es definida por la evolución de estos datos según las metas y objetivos propuestos, lo que constituye la dirección del proyecto.
4. La valoración paisajista está definida por la evaluación numérica de las acciones del proyecto, mediante la función de consumo paisajístico sobre los factores del medioambiente; las medidas restauradoras a incluir en el proyecto son función de la producción ambiental que se quiere aplicar con fines de conseguir la rentabilidad ambiental. Ambas valoraciones diseñan la trayectoria del proyecto en el diagrama.
5. La valoración del impacto paisajístico es la sensación o grado de bienestar-malestar que el observador percibe del escenario. La trayectoria de la línea de impacto indica la modificación inmediata que sufre el paisaje por las acciones del proyecto. El resultado final es la suma de los impactos parciales generados por las actuaciones sobre cada uno de los factores del medioambiente que intervienen.
6. Un proyecto está influenciado por las fuerzas físicas y socioeconómicas que actúan en el medioambiente, la evaluación en el tiempo de estos componentes define la rentabilidad ambiental del proyecto.

7. De la evaluación estratégica se asocia los conceptos de las inversiones necesarias en acciones productivas, el control indispensable del tiempo de la acción y las actuaciones imprescindibles de recuperación, criterios que definirán los aspectos de rentabilidad ambiental sostenida del proyecto.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación práctica de esta técnica experimental para la evaluación paisajística, se desarrollará en un proyecto minero de la región de Potosí, en Bolivia; que por las características paisajísticas y mineras del proyecto, hacen adecuada su aplicación.

El objetivo del proyecto es la recuperación del sistema paisajístico y conseguir la rentabilidad ambiental de la región, con las siguientes metas parciales:

- Inventario y diagnóstico paisajístico de la zona minera
- Identificación de los impactos paisajísticos generados por la actividad minera
- Aplicación de medidas restauradoras al entorno paisajístico

Este proyecto, denominado *proyecto paisajístico minero La Lava*, está ubicado en el altiplano boliviano, a 52 kilómetros de distancia de la ciudad de Potosí en la provincia de José M<sup>a</sup> Linares, de Bolivia; y localizado en la Cuenca Hidrográfica La Lava, donde desarrollaron la actividad minera varias empresas extranjeras produciendo gran cantidad de material de mina, efluentes perjudiciales, residuos tóxicos, y material de desecho, como equipos e infraestructura, con la generación de nuevas actividades socioeconómicas de gran alteración paisajística, sin proceder a la restauración del medioambiente al abandono de la actividad minera.

La zona de estudio está ubicada en una región de la puna boliviana con un terreno semiárido, catalogada por la escasa actividad agrícola, nula actividad industrial, y constituida por numerosos pasivos ambientales producto de la actividad minera. Por mucho tiempo, esta zona ha estado influenciada por actividades altamente contaminantes con los procesos mineros y metalúrgicos que desarrollaron estas empresas, y otros complejos mineros abandonados, con un alto grado de alteración en el *sistema paisajístico* de la cuenca hidrográfica.

El trabajo de investigación lo dividiré en las siguientes secciones:

- 1) Los aspectos generales y de localización
- 2) El análisis técnico
- 3) La evaluación paisajística
- 4) Las medidas de restauración
- 5) El informe final

El escenario experimental de la Cuenca Hidrográfica La Lava, los entornos mineros y paisajísticos, fue visitado, in situ, por el investigador en la recogida de muestras y detalles para el análisis visual de las condiciones de vida de la población, datos mineros y ambientales, y la información complementaria necesaria para el estudio; en un viaje profesional con sede en la ciudad de Potosí en Bolivia.

## **4.1 LAS CARACTERISTICAS DEL PROYECTO MINERO**

La problemática presente en la zona, delimitada por la cuenca hidrográfica de los ríos La Lava, Vitichi y Octavi en la región de Potosí, se centra en la carencia del abastecimiento de agua de una calidad óptima para el consumo humano, del ganado y el regadío de la zona cultivada y de la zona Alta por la existencia de una contaminación externa de las aguas en los ríos producto de la actividad minera.

Esta actividad localizada en la zona, impide la obtención de agua de calidad en los ríos que transcurren, río Andacaba y el río Kumurana, nombres de las empresas contaminantes, y que son afectados por vertidos de productos químicos procedentes de las actividades y acciones metalúrgicas que se realizaron anteriormente en el procesamiento de minerales de las ciudades empresas y sin actividad actual.

Estas empresas pueden considerarse representantes típicos del sistema productivo minero boliviano, de su organización, de la problemática que se presenta actividades mineras no programadas y de los conflictos generados con el medio ambiente como los efectos por la contaminación de las aguas en los ríos.

En general la industria minera boliviana consume, aproximadamente unos 32 millones de metros cúbicos de agua por año, esto representa el 2% del total de los recursos hídricos y solo se recicla un 10% de las aguas consumidas por la actividad minera.

Para entender este problema y como referencia hablaré de la división de la actividad minera boliviana:

- minería grande o estatal
- minería mediana, y
- pequeña minería

La gran minería boliviana, es explotada por la empresa estatal COMIBOL, Corporación Minera Boliviana, que extrae, produce, refina y comercializa los minerales y sus metales producto de sus minas y plantas de concentración; esta subdividida en explotaciones de yacimientos minerales económicos y no económicos.

Las empresas comprendidas dentro del rubro de gran minería, están sometidas a un proceso de capitalización y regeneración del aparato productivo minero boliviano con cambios y nuevas estrategias productivas y de explotación minera. Los yacimientos minerales no productivos y otras zonas de explotación abandonadas no están considerados como una minería rentable.

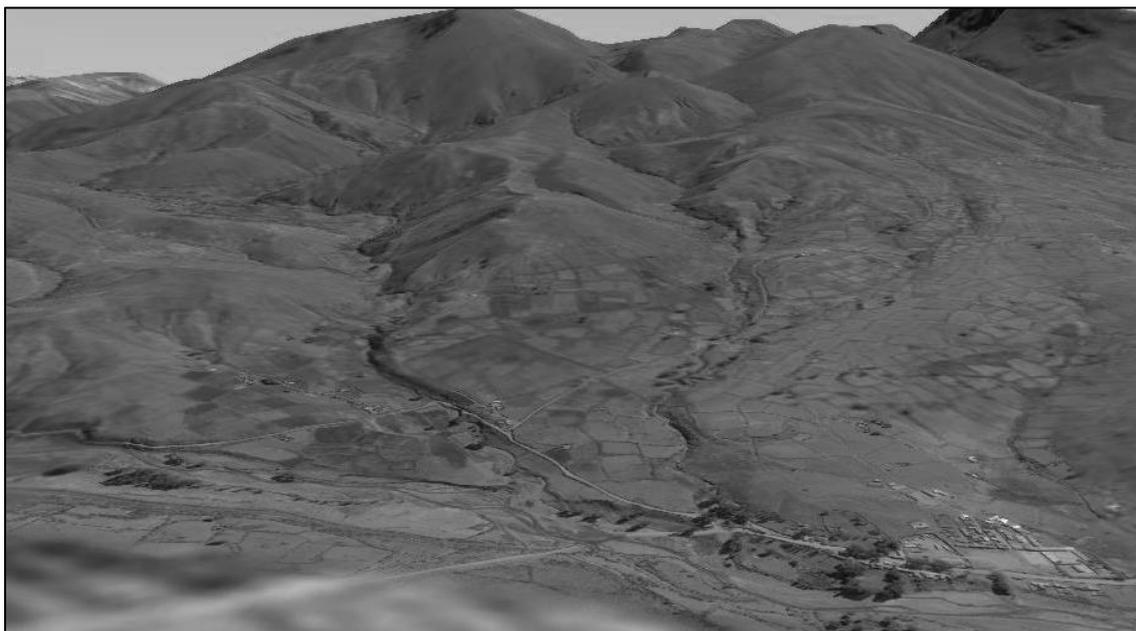
La mediana minería, constituida por una diversidad de minas privadas pequeñas, medianas y grandes que a su vez esta subdividida en la agrupación Cooperativa Minera del Sur-COMSUR, está integrada por empresas mineras bolivianas independientes y por empresas con mayoría de capital extranjero que operan en el país.

En última posición está la pequeña minería que está dividida en:

- empresas privadas
- empresas cooperativas particulares, que se subdivide en empresas grandes, medianas y pequeñas.

Este grupo minero, clasificado dentro de la minería tradicional, o llamada minería informal, suelen emplear técnicas artesanales y maquinaria defectuosa en la explotación y extracción del mineral, que, con estas prácticas a menudo destruyen el entorno natural del sistema paisajístico, no sensibilizándose por el cuidado y la protección del medioambiente en general.

La vista general del entorno del proyecto minero:



#### 4.1 La cuenca hidrográfica La Lava, Potosí

Se caracteriza por:

- no tener registros
- no pagar contribuciones ni impuestos
- operan sin organización
- su fiscalización es difícil y limitada

Para conocimiento en este estudio de investigación, la empresa minera Andacaba pertenece al grupo de la mediana minería, y la empresa Kumurana pertenece a la pequeña minería; ambas empresas localizadas dentro del régimen privado de capital extranjero.

La actividad minera que han desarrollado estas empresas, son las causantes del deterioro ambiental que ha sufrido la zona de investigación. En la actualidad, no se presenta ningún signo de actividad minera, por lo que el deterioro ambiental y paisajístico lo constituye el pasivo minero existente.

#### 4.1.1 LA PROBLEMÁTICA PRESENTE EN LA ZONA

La minería, y todas las operaciones minero metalúrgicas, tienen por lo general un fuerte impacto en el medioambiente, variando en cada acción a emplear en las distintas fases de ejecución de los procesos con la naturaleza del entorno físico que se presenta y el tipo de proceso a ejecutar para la extracción de minerales y la recuperación de los concentrados valiosos lo que proporciona que la forma de las medidas de protección adoptadas en la preservación del entorno natural sea diferente en cada caso.

Se pueden identificar varios efectos dinámicos negativos en el entorno, dentro de las actividades de la zona, con las siguientes características:

- a) El consumo paisajista de los escasos recursos naturales :
  - uso deficiente de la tierra
  - explotación deficiente y agotamiento de las fuentes mineralizadoras
  - uso indiscriminado del agua
  
- b) La transformación del paisaje por :
  - La explotación minera a tajo abierto
  - La formación de diques de colas
  - La deposición de residuos minerales
  - La formación de pilas de residuos de lixiviación natural
  
- c) La formación de residuos líquidos por :
  - aguas de mina
  - aguas de procesamiento
  - colas en suspensión
  - lixiviación de antiguos diques de colas
  
- d) La formación de residuos sólidos por :
  - desmontes
  - colas de concentrados

Estas acciones mineras actúan de forma negativa, produciendo efectos perjudiciales en los elementos naturales del entorno, y directamente sobre las estructuras socioeconómicas, que se traducen en un deterioro en la salud de la población, en su capacidad económica y la alteración paisajística de la zona.

Se puede decir de manera general, que la alteración del entorno ambiental en la zona es producto de la acción minera que se ejecutó desordenadamente y de forma dinámica con una progresión geométrica en el tiempo sobre los factores, generando un impacto negativo.

#### **4.1.2 LOS ASPECTOS GENERALES DE LOCALIZACION**

El área a investigar, se desarrolla en el Departamento de Potosí, Provincia de José María Linares y Nor Chichas, a 50 km. de la ciudad de Potosí con dirección a Tarija, limitada por los puntos geográficos de Khuchu Ingenio, La Lava, Comunidad Palca Cancha, Comunidad Okouro, Ingenio Kumurana y el Ingenio Andacaba.

Los puntos cardinales de localización son los siguientes:

- Latitud Norte : 19° 40'
- Latitud Sur : 19° 46'
- Longitud Este : 65° 33'
- Longitud Oeste : 65° 40'

La zona está delimitada por los siguientes puntos de altitud:

- mina Kumurana : 5.056 metros
- mina Andacaba : 4.900 metros
- Ingenio Andacaba : 4.560 metros
- Ingenio Kumurana 4.200 metros
- Cuchu Ingenio : 3.640 metros
- poblado de La Lava: 3.400 metros

Según un informe de Departamento de Desarrollo de Potosí<sup>125</sup> la zona de estudio tiene una superficie aproximada de 50 km<sup>2</sup>, con una zona productiva agrícola potencialmente cultivable que está comprendida entre los puntos de los poblados La Lava y Cuchu Ingenio con 1.099 hectáreas de extensión aproximada.

#### **4.2 EL ANÁLISIS TÉCNICO Y PAISAJÍSTICO DEL PROYECTO**

Esta teoría experimental de investigación en la valoración paisajística, puede aplicarse a cualquier entorno en general, ya sea proyecto o región, para el estudio y análisis del medioambiente, y en especial del entorno paisajístico.

Como primera medida del estudio es necesario determinar la amplitud y extensión de la zona de trabajo, y definir las características del sistema paisajístico minero a valorar. También es importante en este punto fijar el ámbito del área a analizar, los límites de la cuenca visual minera, de las cuencas visuales principales y secundarias existentes, y definir los puntos de observación potenciales y las zonas de visualización en un mapa temático.

La finalidad del estudio técnico y del análisis paisajístico, es principalmente:

---

<sup>125</sup> Informe de la misión Alemana Boliviana

- a) Realizar un análisis global de la información, inventario y diagnóstico
- b) Establecer una situación comparativa de las unidades naturales del paisaje
- c) Definir el estado real del paisaje de la zona, incluyendo análisis de sensibilidad, capacidad de absorción de la actividad minera, homogeneidad, entre otros
- d) Definir los elementos emisores de impacto visual
- e) Definir los elementos receptores impactados
- f) Determinar los condicionantes del paisaje
- g) Hacer referencias al factor de ajuste en los condicionantes del paisaje

El proyecto paisajístico<sup>126</sup>, definido en esta investigación, está conformado por varios sub-proyectos productivos mineros, agrícolas y de actividades socio económicas en la zona. También se observa algunas alteraciones producidas por actividades en el consumo paisajístico y otros factores de menor magnitud, que producen modificaciones en el paisaje, y que todos ellos, en su conjunto, definen el proyecto paisajístico minero a estudiar.

#### 4.2.1 LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO

El término *proyecto* es muy subjetivo, es una idea a desarrollar, y está expuesto a las interpretaciones de los expertos en la dirección de proyectos. En este caso, El proyecto paisajístico está definido por una actividad principal, la minera, una zona de trabajo, la cuenca hidrográfica, y un estudio de recuperación ambiental, que es el proceso de valoración paisajística con la aplicación de medidas restauradoras en la zona de estudio.

La actividad minera en la zona, fue desarrollada por dos empresas norteamericanas, Andacaba y Kumurana, generando impactos ambientales de distintas formas y magnitudes, trasladando los efectos a la región constituida por la Cuenca hidrográfica de La Lava, en un área aproximada de 50 km<sup>2</sup>. En la actualidad, se desarrollan en la zona varios proyectos productivos adicionales a la minería, con poca presencia y de impacto paisajístico reducido, como actividades agrícolas y de pesca.

Definiendo el sistema paisajístico de la zona La Lava, está determinado por los elementos primarios del paisaje o los que van a diseñar básicamente el paisaje y los elementos secundarios los que van a modificar o alterar este paisaje y que constituyen las variables de la evaluación paisajística de la zona:

Elementos de primer nivel en el paisaje:

- El agua
- El suelo
- La vegetación
- La atmosfera
- La fauna
- El hombre

---

<sup>126</sup> Proyecto paisajístico minero La Lava-Bolivia, ver anexo II (DVD 2003)

Elementos de segundo nivel en el paisaje:

- La renta
- El consumo ambiental (basuras y escombros)

#### 4.2.2 EL INVENTARIO PAISAJÍSTICO

Según un estudio ambiental de la Cuenca hidrográfica de La Lava, en la provincia de Potosí, realizado en por la Misión de Cooperación Boliviano-alemana<sup>127</sup>, y publicado en su informe: *La minería y el medioambiente*; la descripción de los principalmente datos ambientales y de la actividad productiva presentes en la zona:

a) La geología y mineralogía:

El área a investigar está en el extremo meridional de una zona volcánica terciaria con remanentes variables de sedimentos paleozoicos. En la zona del cerro Kumurana aflora el intrusivo granodiorítico en contacto con sedimentitas del ordovícico constituidas por cuarcitas, areniscas, pizarras y lutitas.

En las faldas de la formación del cerro Kari Kari se ubica la Cuenca de La Lava formada por abanicos fluvio-glaciales del cuaternario que en el centro de la cuenca esta rellena de depósitos aluviales y coaluviales. Las estructuras mineralizadas del sector corresponden en su totalidad a yacimientos hidrotermales epigenéticos de tipo filoneano.

Por otra parte, la mineralogía de la zona próxima al río Andacaba producto de volcanitos dacíticos del cerro Kari Kari está compuesta por las vetas San José y San Juan, su estructura es vetiforme y se encuentra en un intrusivo granodiorítico de Kumurana y en el complejo de hornfels que conforman una terminación del cerro Kari Kari.

b) la fauna y flora:

La zona de Andacaba - La Lava pertenece a la región de tierras altas con la denominación de *monte espinoso templado*<sup>128</sup> en la zona de La Lava y la descripción de *estepa montano templada* para la zona determinada por los complejos Andacaba y Kumurana.

En la cuenca de La Lava se cultivan patatas, guisantes, habas, cebada, oca, alfalfa y maíz; también puede localizarse zonas de césped bajo con gramíneas, arbustos compuestos por la Quewina y el Ichu como plantas autóctonas, y algunas plantas venenosas en terrenos húmedos y contaminados, además existen algunos árboles de Sauce y Chopos.

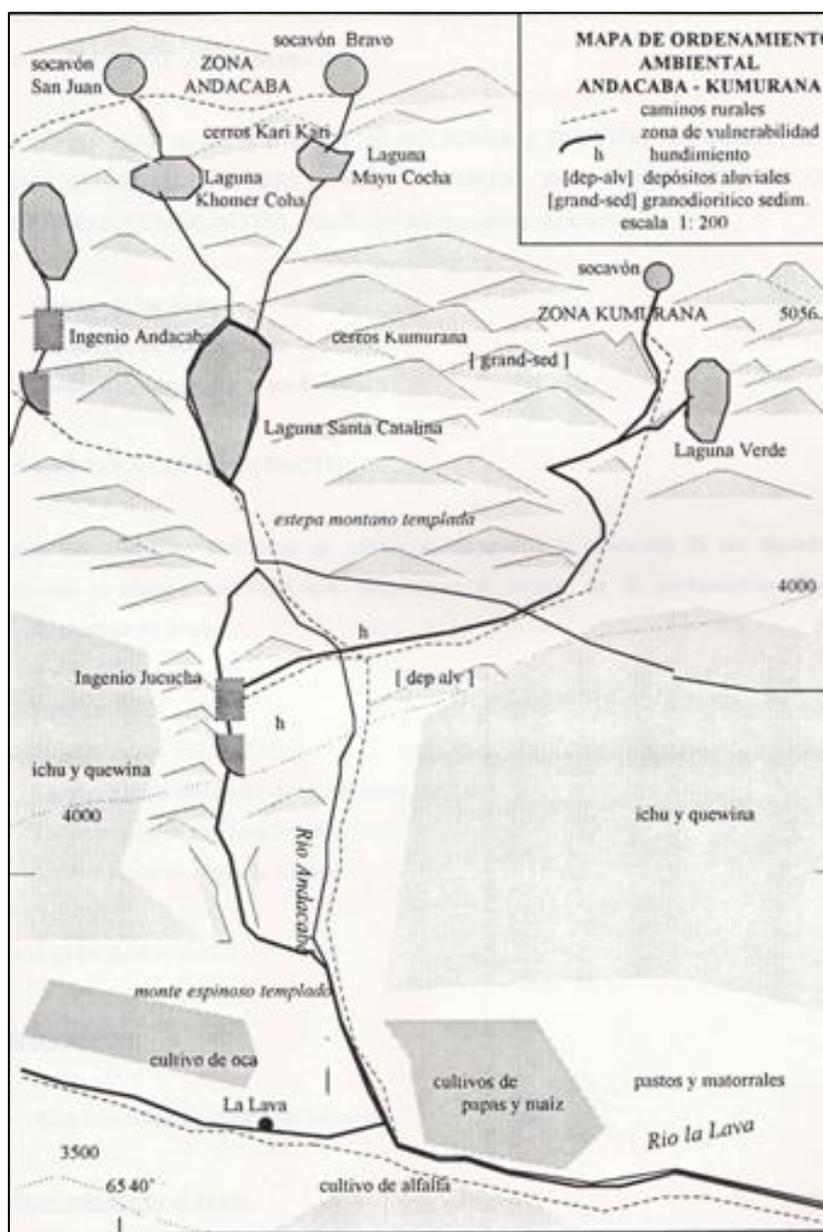
---

<sup>127</sup> Trabajo práctico de campo y recolección de datos ambientales. Fuente: Instituto Nacional de Estadística de Potosí

<sup>128</sup> Montes de Oca, 1989

La fauna de la zona está compuesta, principalmente, por ganado vacuno y ovino. Se puede observar la existencia de camélidos y patos salvajes, siendo muy limitadas y la densidad no especificada.

En la siguiente ilustración, se muestra un esquema con las características físicas más importantes de la zona de estudio, que se utilizarán en el proceso de evaluación del sistema paisajístico<sup>129</sup>:



4.2 Las características físicas de la zona de estudio

c) la actividad minera:

<sup>129</sup> Diseño: José A. Calzada

La actividad minera de la empresa Andacaba, con las minas de Arce y San Juan, explotó una mineralización de plomo, zinc y plata con un volumen de 150 toneladas de mineral por día, una ley promedio de cabeza de mineral de 350gr de plata por tonelada 4.8% de plomo y 9.6-11% de zinc, produciendo 150 toneladas al mes de concentrados plomo-plata, y 380 toneladas al mes de concentrado de zinc-plata, almacenando sus colas o residuos líquidos del proceso metalúrgico, en una laguna artificial al pie de la planta de flotación.

La empresa minera Kumurana, con las vetas María y Amalia explotó una mineralización de estaño con sulfuros de plomo, zinc y pirita, con una ley de cabeza de mineral de 2 a 3.5%. Los desmontes y colas de mineral se han almacenado en un lateral del río que se calcula el volumen en 450.000 toneladas de material de mina.

Los relaves o efluentes minerales procedentes del ingenio Kumurana se han acumulado en todo el tiempo de explotación sobre diques artificiales en la zona lateral de la quebrada de este río, sin tener precaución de su desbordamiento, la corriente producida, y el lavado de las faldas de los cerros que rodean al ingenio con el agua de lluvia.

d) la hidrogeología e hidrología:

La zona está atravesada por el río Andacaba y el río Cuchu Ingenio; la confluencia de ambos cauces forma el río La Lava, y son estas aguas del río Andacaba, principalmente, las que están contaminadas con metales pesados en solución y productos químicos en disolución, que se unen a las aguas mineralizadas que produce el ingenio Kumurama<sup>130</sup> en un punto distante, aproximadamente de 2 km pasado el poblado de La Lava.

El cauce de agua que procede de las lagunas próximas, y las que por naturaleza acarrear aguas ácidas con un PH bajo, son utilizadas en el proceso metalúrgico de selección por gravimetría en el ingenio Kumurana, con una lixiviación natural de metales pesados como el plomo y zinc.

Además, en la zona existen pozos de agua subterránea construidos para el abastecimiento de la población y de los animales, no en un número necesario para abastecer; en un análisis realizado en las aguas de estos pozos se comprobó la existencia de metales pesados como plomo, zinc, plata y mercurio<sup>131</sup>, en altas concentraciones, que son consumidas por la población.

La dirección que sigue el flujo de agua subterránea es similar a la inclinación del terreno, y dirigida en la dirección sudeste a la confluencia de los ríos Andacaba y Cuchu Ingenio.

e) el paisaje:

La zona de estudio, se presenta a vista del observador, como un área abierta rodeada de algunos núcleos de poblados campesinos y asentamientos humanos; y zonas mineras con

---

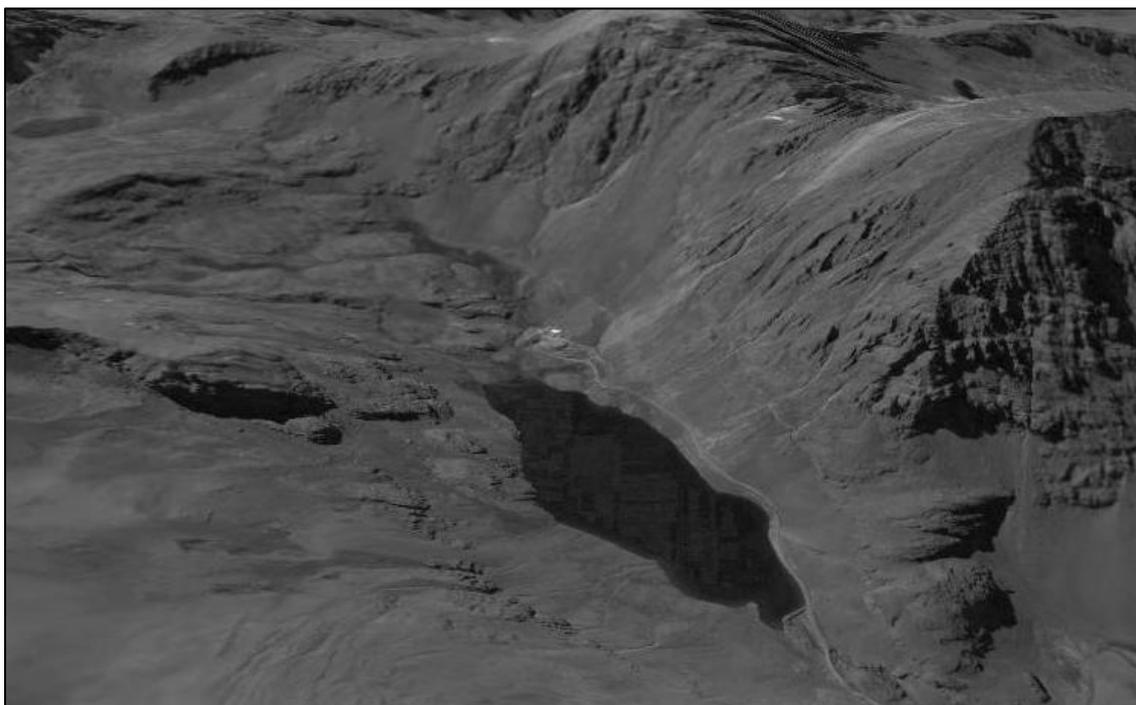
<sup>130</sup> Zona minera

<sup>131</sup> Informe de la misión de Cooperación Boliviano-Alemana

innumerables pasivos paisajísticos producto de una anterior actividad minera, son poco visibles para el espectador con escasos puntos de observación. La zona presenta masas vegetales rodeadas por cerros y un extenso suelo natural poco trabajado.

La zona minera de los ingenios Andacaba y Kumurana no es visible a vista normal del espectador, porque están ubicados en dos quebradas de reducidas dimensiones y rodeadas por unos cerros que ocultan los pasivos mineros existentes.

La foto muestra la zona minera Andacaba:



#### 4.3 La zona minera Andacaba

f) el clima (la atmosfera):

Las temperaturas de la zona son frías en la mayor parte del año alcanzando en las noches el nivel de heladas. La zona, generalmente, presenta con frecuencia vientos fuertes de componente sur-oeste provocando grandes polvaredas.

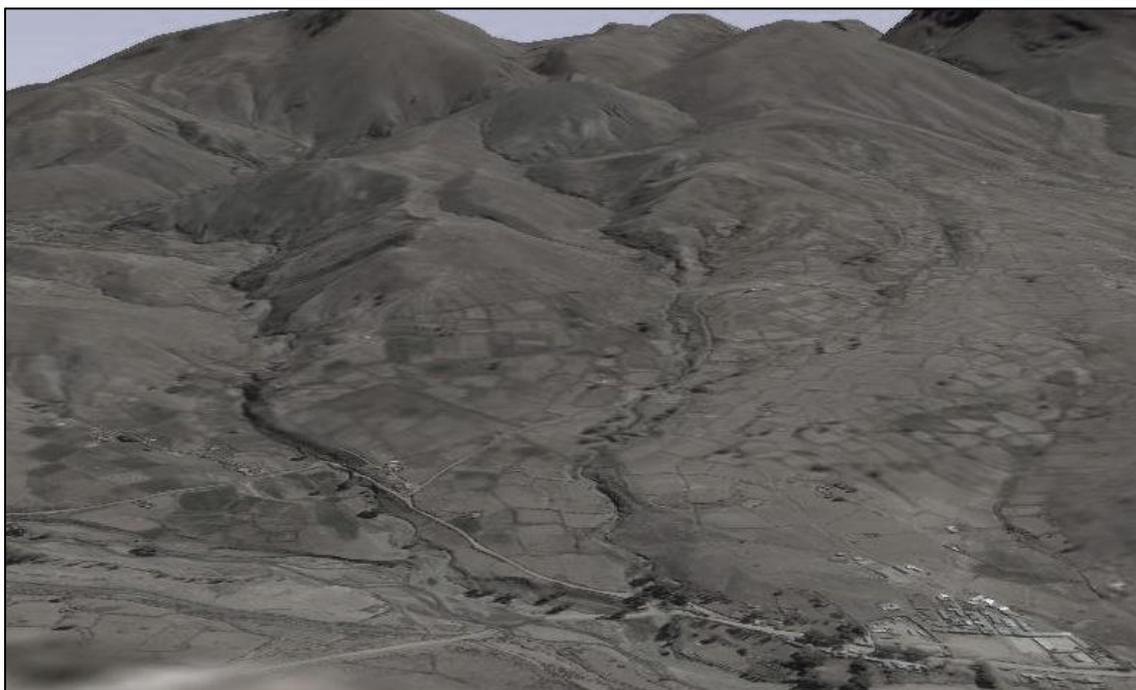
g) los suelos:

Los suelos forman una capa fértil muy delgada encima del manto fluvio-glaciar del cuaternario, con gran cantidad de arenas y gravas de color oscuro, y con bajo contenido de material productivo en humus.

h) La población:

La población directamente afectada comprende a los núcleos de Cuchu Ingenio y La Lava, que se puede cuantificar su población sobre unas 6.200 personas, aproximadamente. El número de campesinos indirectamente vinculado a la problemática de la contaminación medioambiental, supera los 18.000 habitantes, incluyendo a las poblaciones de la región como Vitichi, Tuctapari y Otavi en el Departamento de Potosí<sup>132</sup>.

El paisaje natural de la Cuenca Hidrográfica:



4.4 El paisaje natural de la cuenca hidrográfica

i) La renta y empleo:

En la zona de estudio, la principal actividad económica que se desarrolló anteriormente fue la minería; en la actualidad, solo existe la actividad agrícola y ganadera para el consumo de la población.

El nivel de renta per cápita y empleo ha estado favorecido por la minería en los últimos años, hasta el cese de la actividad.<sup>133</sup>

<sup>132</sup> fuente: Instituto Nacional de Estadística de Potosí

<sup>133</sup> Estos datos medioambientales constituyen un inventario inicial practicado en la zona, en base a las referencias existentes y a la comprobación visual por el investigador.

### 4.2.3 EL DIAGNÓSTICO PAISAJÍSTICO

Con el diagnóstico existente, se consigue relacionar la información técnica del proyecto, y el inventario ambiental realizado con las actividades económicas y productivas que se desarrollan en la zona. Con este procedimiento se consigue integrar la información, y determinar las características ambientales y la descripción global del sistema paisajístico de la Cuenca hidrográfica La Lava.

El diagnóstico del sistema paisajístico minero de la zona, está definido por componentes naturales como la fauna, el suelo, la vegetación autóctona, y componentes artificiales como los pasivos mineros. El suelo, está cubierto por un afloramiento rocoso y mineralógico, y surcada por el río La Lava que riega los campos agrícolas, predominando los cultivos de patatas y lechuga. La actividad humana se desarrolla exclusivamente en la agricultura y ganadería, con presencia de pequeñas edificaciones rústicas construidas de material de barro y caña.

Los factores estéticos que definen el paisaje están relacionados con las características visuales. La escala se presenta distorsionada, ya que la monumentalidad de los relaves de mineral, contrastan con la armonía natural de cerros y lagunas presente. Los colores, poco vistosos, predominando el verde intenso y ocre de la tierra combinado con el verde pálido de los cursos de agua, son alterados por un color blanco espumoso procedente del proceso metalúrgico de flotación del mineral.

Las formas presentes caracterizadas por una geometría compacta, en el caso de la mina Kumurana, contrastan con los espacios abiertos, montañosos y de escasa densidad en materia vegetal natural de la zona agrícola, y de viviendas de la población, con poca regularidad en los espacios del valle de La Lava.

La calidad de los contenidos ambientales en general es baja. El alto valor geológico de la zona contrasta con el escaso valor sociocultural que se ofrece. Los ecosistemas presentes son de poco valor ecológico, pero suficientes para una valoración de los mismos que proporcionan un término positivo a la hora de evaluar la calidad ambiental en general. No se aprecian contenidos culturales que puedan incluirse como contenidos del sistema paisajístico.

La calidad visual del paisaje<sup>134</sup> de la zona es pobre, carece de puntos panorámicos para apreciar el valle, a pesar de tener gran amplitud para su visualización. La causa de esta falta de visión radica en la dificultad de observación del territorio por la deficiente de infraestructura viaria que impide la existencia de puntos de observación.

La zona minera es donde existen puntos panorámicos para apreciar el paisaje, pero con escasa observación de los contenidos del valle. La carencia de puntos de altitud a lo largo del valle hace que la cuenca visual esté limitada a un territorio plano, solo reducida por la escasa vegetación arbórea y otras características geográficas como las montañas.

---

<sup>134</sup> definido como el sistema paisajista

La calidad estética representa gran regularidad en el paisaje local, con poco contraste visual, teniendo en cuenta que la zona minera es poco visible al espectador, de difícil acceso y con una superficie relativamente pequeña de actuación con relación a la zona pública del valle en general. Se puede decir, que descartando la zona minera, existe una armonía del paisaje en general.

El tamaño de la cuenca visual de La Lava, o la superficie del terreno definida como un parámetro de visibilidad, es bastante amplia, y generalmente las condiciones atmosféricas que se presentan en el año son buenas, con poca nubosidad y escasa lluvia, para un radio visual aproximado de 3.000 metros, que la favorecen.

En el estudio de transformación del paisaje del valle por agentes dinámicos no se ve alterado mayormente en sus contenidos. Solo se produce una modificación en los elementos básicos, como el color del río y la forma de la línea montañosa que rodea la zona minera, por la existencia de pasivos metalúrgicos. La poca fragilidad de los contenidos del paisaje no incide en forma general en las pautas de visibilidad de la zona.

Este proceso de diagnóstico global realizado puede ser complementado con las opiniones de un equipo de expertos en valoración de proyectos, y la ayuda de programas informáticos especializados, con la finalidad de obtener nuevos datos más específicos en la valoración paisajística, y resultados más apropiados para la integración del proyecto minero y las características del entorno del paisaje local.

### **4.3 LA EVALUACIÓN PAISAJÍSTICA**

El mecanismo propuesto en esta investigación para la evaluación del proyecto paisajístico minero, consiste en cuantificar la variación de la capacidad ambiental, concretamente en las referencias de los condicionantes paisajísticos que contribuyen al diseño del paisaje de la zona, para absorber las modificaciones del valor que se produzcan en el tiempo por el proyecto minero que es el principal generador de las alteraciones paisajísticas.

El proceso de evaluación de los impactos del proyecto minero tiene como referencia la utilización de indicadores ambientales que reflejen la situación real de la Cuenca Hidrográfica de La Lava, en el estado pre-operacional, de explotación y abandono de la actividad minera.

Esta situación, la diseñan los condicionantes paisajísticos descritos anteriormente, y el ámbito de influencia de las alteraciones producidas por la actividad en la zona. Además, es conveniente que estos indicadores sean realistas, medibles y cuantificables, porque ayudará al análisis y valoración posterior del sistema paisajístico.

Los objetivos propuestos para la evaluación paisajista en el proyecto minero, son los siguientes:

- la evaluación de las acciones mineras realizadas
- la identificación y definición de las fuentes de modificación del paisaje

- la identificación, diagnóstico y evaluación de las fuentes de impacto paisajístico
- la identificación y evaluación de la naturaleza del impacto paisajístico, y sus alternativas
- la evaluación de las fuentes receptoras de impactos paisajísticos

Esta evaluación técnica y paisajística del proyecto define el propósito del estudio de valorar las modificaciones y alteraciones producidas en el sistema ambiental de la zona. El principal agente de transformación dinámica del paisaje es producto de las acciones mineras que se han desarrollado sobre factores ambientales que actúan de receptores en el tiempo de vida de actividad del proyecto minero.

#### 4.3.1 LOS INDICADORES PAISAJÍSTICOS

Los activos paisajísticos, son los condicionantes productivos directos del sistema del paisaje, como el agua o la capacidad agrícola del terreno, o los elementos que modelan e influyen indirectamente en la modificación del paisaje, como el factor de la renta percibida por los trabajadores mineros de la zona.

Los pasivos ambientales, constituyen los elementos no productivos económicamente, que generan un grado negativo de bienestar, de pérdidas o gastos en el medioambiente que es evaluado por el observador, como los pasivos mineros, o los pasivos formados por el consumo ambiental, con la generación de basuras y escombros.

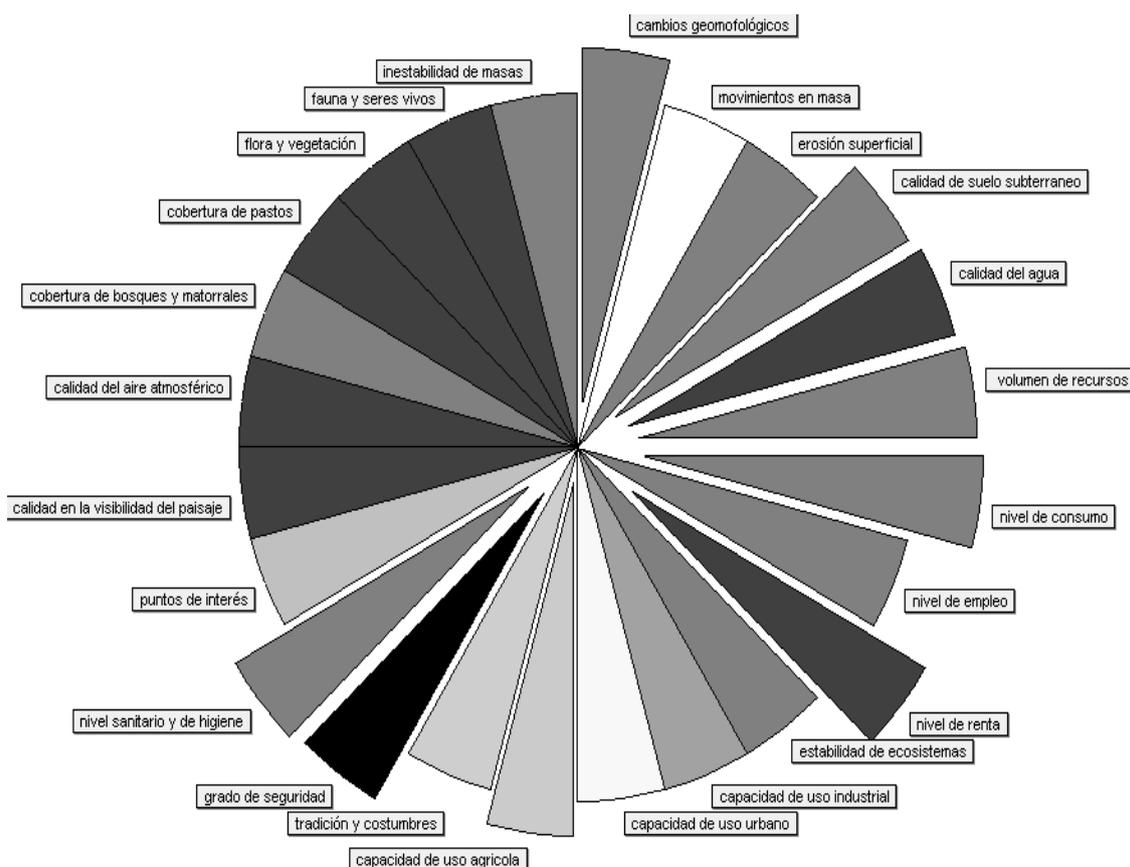
Cada proyecto tiene características particulares y formas propias que detallan el estado real de la explotación, que lo identifican como un proyecto único con una trayectoria técnica y ambiental que puede ser definida en términos matemáticos como la *línea del proyecto*; que determina la identificación del proyecto como si se tratara de la caracterización con el nombre y apellido, en todo el tiempo que determina el desarrollo, explotación y abandono del proyecto minero.

El estudio y análisis de la zona donde se desarrolla el proyecto minero debe ser una disciplina de carácter importante y riguroso con el fin de determinar los parámetros reales que servirán de indicadores de la transformación del paisaje. Por este motivo, los expertos que constituyen el equipo de evaluación del proyecto, deben identificarse con las características físicas del paisaje que se evalúa con el proyecto.

En este caso, para seguir el proceso de evaluación de los impactos ambientales generados por la actividad minera en el entorno medioambiental de la zona, se pueden identificar y analizar, a criterio del investigador<sup>135</sup>, los factores que pueden contribuir en la modificación del paisaje, denominados como el *Sistema Paisajístico de la Cuenca La Lava*, y según indicadores de 24 factores significativos, definido como las identidades particulares y únicas que diferencian al proyecto minero de otros con similares características:

---

<sup>135</sup> Estos parámetros son designados a criterio del investigador, mediante la observación y análisis *in situ* de la zona de estudio. Los resultados de este estudio están en el anexo II (DVD).



#### 4.5 Los indicadores del proyecto paisajístico La Lava

Estos factores ambientales seleccionados por su importancia y trascendencia en el proyecto paisajístico minero, dan una visión del estado en que se encuentra el sistema ambiental y la transformación producida de la zona que va a ser estudiada. Los factores son significativos, e influyen de forma directa o indirecta en la transformación del paisaje local.

Algunos de estos condicionantes, por su escasa trascendencia o el poco efecto que producen en el efecto de transformación no tienen una relevancia efectiva en la modificación del sistema paisajístico, pero se incluyen, en la lista, por la consecuencia didáctica.

A continuación, se evalúan los condicionantes existentes en la cuenca hidrográfica, para determinar los parámetros que pueden modificar el paisaje local por causas de la actividad minera y otras acciones del proyecto<sup>136</sup>:

1. Los recursos hídricos, se valoran en función de una planificación para la eficiencia en la gestión en el manejo y aprovechamiento de los mismos en el terreno. La minería de la zona ejerce una acción negativa produciendo una contaminación de las aguas y

<sup>136</sup> Para información, consultar la ilustración 1.5 sobre modificaciones del paisaje por acciones del proyecto minero

deforestación por la disminución de la capacidad reguladora en los suelos y las sequías. Las acciones de andenería y construcción de andenes realizadas se consideran como acciones positivas por su efecto regulador de la lluvia. El indicador utilizado para medir este parámetro es la ganancia o pérdida de volumen de agua por año en la zona y puede valorarse con un promedio aproximado de pérdida del recurso en unos 48.000 \$/año<sup>137</sup>.

2. El término de calidad del agua, valora los efectos contaminantes existentes y que pueden contribuir a modificar el paisaje de la zona. Se considera como una acción negativa las actividades de las industrias en general y de la minería en particular, a pesar que repercuten mínimamente por su escasa extensión pero esta actividad es altamente contaminante en una condición negativa por el efecto del lavado de los minerales y el vertido de las aguas utilizadas en la actividad a los ríos con su repercusión en la extensión de los efectos nocivos deteriorando principalmente los suelos y plantaciones de la zona. El indicador utilizado para medir este parámetro es una pérdida de calidad de las aguas de la zona por el análisis químico realizado, y puede valorarse esta pérdida en promedio anual en la zona en 36.000 dólares.

En la siguiente ilustración, se puede observar el vertido de espuma sobre el río Andacaba producto del tratamiento metalúrgico del mineral con reactivos químicos:



#### 4.6 La contaminación minera

3. La contaminación de los suelos, es un efecto determinante en la actividad minera, por la deposición de sólidos y líquidos producto de las diferentes acciones de explotación, que

<sup>137</sup> Simulación por valoración subjetiva de la población local

incide con impactos muy negativos en el sistema ambiental. El efecto de la contaminación en los suelos de la zona puede valorarse como una pérdida de la superficie cultivada de 56.000 \$/año; el indicador utilizado es el análisis de muestras de suelos naturales y de cultivos. En la evaluación visual in situ de la zona minera se verifica la existencia de pasivos paisajísticos con efectos impactantes, como se observa en la foto anterior.

4. Los cambios geomorfológicos producidos en la topografía del terreno son afectados negativamente, en forma moderada, por la actividad con la extracción indiscriminada de material y la deposición desorganizada de los desechos mineros. La pérdida ambiental puede valorarse en unos 44.000 dólares promedio por año<sup>48</sup>, y el indicador utilizado es la comparación de fotografías de la explotación minera.



4.7 Los desechos mineros

5. La erosión superficial, evalúa los impactos en la pérdida de capacidad productiva del suelo, la minería también afecta negativamente a este factor ambiental, e incide en esta capacidad, afectando y deteriorando el material orgánico existente. El coste de esta pérdida puede valorarse en promedio en \$53.000 por año<sup>48</sup> y el indicador utilizado es la disminución del área para la producción agrícola.
6. El término de movimiento de masas, se refiere principalmente al corrimiento de laderas, con peligro para las personas e infraestructuras cercanas de sufrir accidentes y daños materiales. La actividad minera ocasiona estos fenómenos físicos ya que forma falsos soportes de cerros y laderas con la construcción de campos artificiales de almacenamiento de mineral o relaveras. Su valoración paisajística es mínima por las características del proyecto; y el indicador utilizado para su evaluación es el análisis visual de la zona.

7. La inestabilidad de laderas, está referida a un desequilibrio estático de las masas físicas existentes, en menor intensidad por derrumbes y otras alteraciones, que puede ocasionar pérdidas económicas de escasa magnitud pero con un riesgo humano potencial. La pérdida en la valoración por este condicionante es mínima, y corresponde a un análisis visual de la zona minera.



4.8 La inestabilidad de laderas

8. El número de especies animales existente se ve disminuido con la actividad minera, generalmente, por la destrucción de hábitats, la degradación en los ríos y zonas de nidificación como los acuíferos, producto de la actividad minera. Al no disponer de información más detallada, la pérdida en la valoración de este factor ambiental se considera mínima y sin representación.
9. Las especies de flora se ven afectados negativamente por la actividad minera y otras acciones, a excepción de la construcción de pequeños embalses y la forestación de zonas. Como en el apartado anterior, es difícil obtener información para valorar este factor por la escasa actividad existente, por lo cual es mínima la variación.
10. La cobertura de pastos son afectadas negativamente por una mala gestión de los mismos y por las sequías continuadas. La actividad minera de la zona deteriora esta zona de pastos y matorrales con la superposición, en el terreno, del material producto de la explotación y acarreo de mineral, y su deposición en zonas productivas. La pérdida en el valor en zona de pastizales puede cifrarse en \$62.000 promedio por año.
11. La erosión de los suelos produce un efecto importante y negativo en los bosques y matorrales. La deposición de mineral en toda actividad minera deteriora y degrada los suelos y las zonas cultivadas. La valoración por pérdida de masa boscosa y forestal en la Cuenca La Lava es nula al no existir.

12. Las acciones mineras desarrolladas en la Cuenca La Lava han repercutido negativamente en el factor de estabilidad del ecosistema, con la pérdida del hábitat y la diversidad de organismos vivos, en general; reduciendo sus funciones y produciendo un deterioro significativo en el medio natural; pero ha contribuido positivamente al progreso socioeconómico de la zona y de su población. La información relativa a estas actuaciones refleja datos significativos que se incluyen en el proyecto.
13. Con la actividad minera en general, se ha producido destrucción de hábitats naturales y ambientes sensibles con el correspondiente deterioro de la calidad del paisaje en general. El escaso turismo local de la zona, refleja una mínima variación del grado de valoración con el deterioro turístico.
14. Los puntos de interés paisajístico son afectados negativamente con la pérdida de valor de los cauces del río y la cubierta vegetal del terreno, producidos por los desechos mineros; estas acciones ejercen un deterioro de los factores visuales, de forma directa y muy negativa, generando un gran impacto visual para el observador. Su evaluación está asociada a la valoración paisajística por los desechos mineros.



4.9 Los puntos de interés paisajístico

15. En la salud e higiene de la población de La Lava, la actividad minera actúa negativamente con el vertido incontrolado de material mineral y la contaminación en zonas de uso de la población, como las plantaciones y flujos de agua de la cual se abastecen. En un análisis de la salud de la población de la zona, las enfermedades más frecuentes que se presentan son las gastrointestinales entre niños de 2 a 5 años con una incidencia del 30% en la población infantil, existiendo otros casos de tuberculosis y retardo mental en casos aislados. El índice de mortalidad se sitúa sobre el 10% de la población infantil<sup>138</sup>.

Los costos en salud según la información de la posta médica son aproximadamente de 38.000 dólares anuales promedio.

16. El nivel de consumo en la población se incrementa considerablemente al aumentar el nivel de riqueza, y el número de trabajadores ocupados en la actividad minera que es única en la zona, produciendo ingentes volúmenes de basura y desperdicios que son almacenados de forma descontrolada y sin el tratamiento correspondiente en lugares visibles al observador. Se puede valorar este condicionante del paisaje, por el incremento en la generación de basuras y sin un tratamiento adecuado, con pérdidas de valor por modificación en el paisaje de 48.000 dólares por año.

17. En el factor de tradiciones y costumbres de la población, la actividad minera trae consigo el efecto de la inmigración de personas, y un cambio de valores culturales, y la aceptación de nuevos conceptos y códigos de vida, con la consiguiente generación negativa de tendencias y costumbres. La información existente de este condicionante es mínima y no aporta variaciones significativas.

18. La capacidad de los suelos para el uso agrícola y ganadera, única actividad económica en la región aparte de la actividad productiva minera, se ve mermada, en algunas zonas por la contaminación producida con los pasivos mineros, impactando negativamente en la producción cárnica y de leche, como en pieles y cultivos. Se calculan las mermas en la capacidad agrícola y ganadera en unos 57.000 dólares al año.

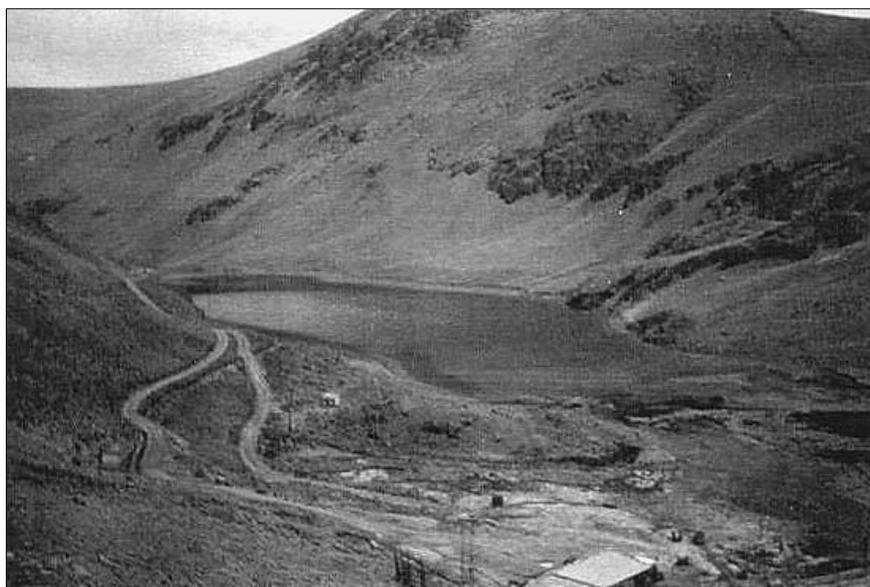
19. El parámetro del uso y capacidad de terrenos para el destino urbano se ve afectado por las acciones que se desarrollan en la minería por la invasión de tierras para la búsqueda de material de mina y filones minerales ricos, y el agresivo deterioro del terreno producto de la contaminación minera. Además la construcción de campamentos para la vivienda de la población minera y otros equipamientos adicionales afectan al sostenimiento del hábitat rural. Con la finalización de la actividad minera, en estos últimos años no existe incremento o decremento en el factor de capacidad de suelo urbano por lo que el valor es irrelevante.

20. En la misma forma que el apartado anterior la capacidad de los terrenos destinados al uso industrial se ve favorecida con la actividad minera pero limitada la valoración por la desorganización de su localización en zonas rurales apropiadas. Por falta de información sobre las posibles actividades industriales que se desarrollan directa o indirectamente con la minería no existen datos para valorar este factor.

---

<sup>138</sup> Fuente: Instituto Nacional de Estadística de Potosí, Bolivia

21. Los puntos de interés turísticos o naturales de valor visual sufren deterioro físico con las acciones mineras y su conservación es muy costosa pero al no existir turismo en la zona, la valoración no es representativa.
22. Con la actividad minera, la renta per cápita de la población se ve afectada de manera favorable por la actividad productiva selectiva de minería, pero limitada en otros ingresos de la población como los generados por cultivos o por la actividad ganadera. Se calcula el incremento de la capacidad económica de la población producto de las actividades mineras en 263.000 dólares al año.
23. El nivel de empleo en la población local se ha visto favorecido por la actividad minera desarrollada. La acción del abandono de tierras de cultivo por la población rural como resultado de la contaminación producida por el desarrollo de las acciones mineras, genera un efecto de aminoramiento del impacto negativo que se presenta. La valoración de este factor, es compartido con el nivel de renta de la población empleada.
24. La seguridad de la población, es afectada negativamente por efectos de la inmigración a la zona, por robos y otros actos delictivos generados como consecuencia de las actividades económicas mineras. Se pueden cifrar estas valoraciones en conjunto como pérdidas económicas generadas por denuncias y otros actos, con un valor aproximado de 6.000 dolares al año<sup>139</sup>.



#### 4.10 La seguridad en la mina Kumurana

Con los datos obtenidos en el diagnóstico ambiental de la situación en la zona en estudio, se procedió a elaborar una tabla resumen de impactos y de indicadores de los condicionantes del paisaje local:

---

<sup>139</sup> En la fotografía se observa la caseta de seguridad de ingreso a la zona

#	SISTEMA PAISAJÍSTICO	IMPACTO	INDICADORES
1.	recursos hídricos	Perjudicial	Volumen agua por año
2.	calidad del agua	perjudicial	Muestreo y análisis
3.	Suelo subterráneo	perjudicial	Muestreo y análisis
4.	cambios geomorfológicos	perjudicial	Análisis visual y fotográfico
5.	erosión superficial	Perjudicial	Disminución de producción
6.	movimientos de tierras	Sin información	Análisis visual y fotográfico
7.	inestabilidad de laderas	Sin información	Análisis visual
8.	especies de fauna	perjudicial	Análisis visual
9.	especies de flora	Sin información	Análisis visual
10.	cobertura de pastos	Sin información	Análisis visual y fotográfico
11.	cobertura de bosques y matorrales	Sin información	Análisis visual y fotográfico
12.	estabilidad de ecosistemas	Sin información	Análisis orgánico
13.	calidad del paisaje	perjudicial	Análisis visual
14.	puntos de interés	Sin información	Análisis visual
15.	Salud, higiene y seguridad	Perjudicial	Numero casos en población
16.	Seguridad	perjudicial	Número de casos
17.	nivel de consumo	Beneficioso	Volumen agua consumida
18.	tradiciones y costumbres	Sin información	Análisis visual y documental
19.	capacidad de uso agrícola	perjudicial	Volumen por año
20.	capacidad del uso urbano	Sin información	Numero de pobladores
21.	capacidad del uso industrial	Beneficioso	Número de empresas
22.	puntos de interés turístico	Sin información	Análisis visual
23.	nivel de renta per cápita	Beneficioso	Sueldos y salarios
24.	nivel de ocupación y empleo	Beneficioso	Número de ocupados

#### 4.11 Los indicadores paisajísticos de la zona

En estudio realizado sobre los condicionantes del paisaje de la cuenca hidrográfica se pueden extraer las siguientes conclusiones<sup>140</sup>:

- 1) Degradación y ausencia de vida en el hábitat de los ríos de la zona
- 2) Deterioro de los suelos, desertización y falta de materia orgánica para la producción
- 3) Ausencia de aves y poca presencia de ganado vacuno y ovino
- 4) Ausencia generalizada de cultivos en la zona alta, y dificultad en la plantación de nuevos cultivos en la zona colindante con el río La Lava
- 5) Deterioro del paisaje de la zona por falta de vegetación y de fauna autóctona
- 6) Incremento de la migración de la población local hacia otras zonas por ausencia de actividades económicas
- 7) Decremento de la producción agro ganadera de la región

<sup>140</sup> Estas evaluaciones practicadas en un periodo histórico de 30 años, se han elaborado en base a referencias de la población local y la documentación existe. Se adjunta el DVD con el diagnostico paisajístico (ver anexo II).

## 8) Ausencia de turismo en la zona

En la siguiente tabla, se incorporan los datos históricos de la capacidad ambiental de la zona estudiada, con los datos obtenidos por información de la población de La Lava y por la escasa documentación existente.

Estos datos obtenidos, se pueden traducir en valoraciones de pérdida o ganancia de la calidad, por acciones de productividad y consumo en el sistema paisajístico, en periodos significativos de tiempo de diez años. Además, se incluye el análisis estadístico de variación de estos parámetros, y la tendencia producida en el tiempo de la actividad minera:

	SISTEMA PAISAJÍSTICO	Año 0	Año 10	Año 20	Año 30	TENDENCIA
1.	recursos hídricos	0	13000	25000	48000	Disminución
2.	calidad del agua	0	4000	12000	36000	Disminución
3.	Suelo subterráneo	0	10000	30000	56000	Disminución
4.	cambios geomorfológicos	0	0	55000	44000	Disminución
5.	erosión superficial	0	23000	33000	53000	Disminución
6.	movimientos de tierras	0	10000	21000	0	Estable
7.	inestabilidad de laderas	0	0	0	0	Estable
8.	especies de fauna	0	0	0	0	Estable
9.	especies de flora	0	0	0	0	Mínima
10.	cobertura de pastos	0	0	31000	62000	Disminución
11.	cobertura de bosques	0	0	0	0	Nula
12.	estabilidad de ecosistemas	0	0	0	0	Estable
13.	Nivel aire atmosférico	0	0	0	0	estable
14.	puntos de interés	0	0	0	0	Nulo
15.	Salud e higiene	0	33000	68000	38000	Disminución
16.	Seguridad	0	0	8000	6000	disminución
16.	nivel de consumo	0	6000	55000	10000	Aumento
17.	tradiciones y costumbres	0	0	0	0	Estable
18.	capacidad de uso agrícola	0	0	53000	27000	Disminución
19.	capacidad del uso urbano	0	44000	34000	22000	Estable
20.	capacidad del uso industrial	0	0	0	0	Estable
21.	puntos de interés turístico	0	0	0	0	Estable
22.	nivel de renta per cápita	0	64000	156000	263000	Aumento
23.	nivel de ocupación y empleo	0	0	0	0	Estable
24.	Calidad del paisaje <sup>141</sup>	-	-	-	-	-

## 4.12 La valoración paisajística de la zona

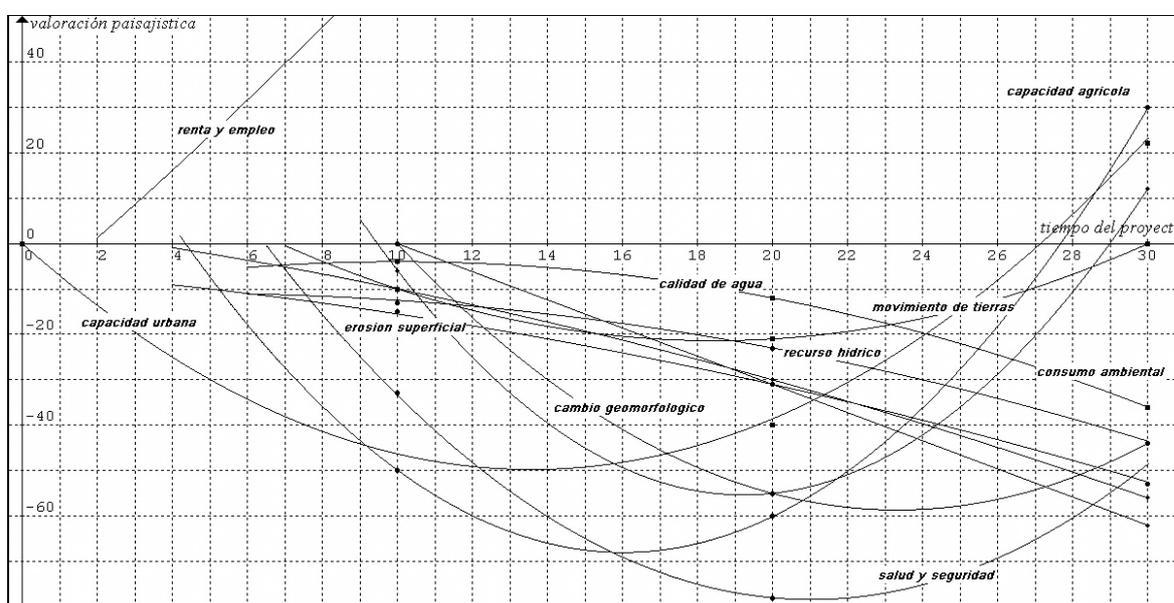
No se incluye en la tabla la valoración sobre el parámetro de calidad en el paisaje local, punto nº 24, porque los elementos valorados en el documento constituyen, en su conjunto, el sistema de evaluación el paisaje llamado *el sistema paisajístico* del proyecto. El valor de cada

<sup>141</sup> Valor sin definir

elemento que lo conforma es único; siendo esta valoración paisajística histórica del entorno del proyecto minero en el tiempo de actividad.

El factor de tendencia representa la disminución o aumento del valor en la calidad de los indicadores paisajistas evaluados con el proyecto en la secuencia histórica de la actividad. Las columnas con el valor de estos indicadores representan la tasación negativa de la calidad paisajística expresada en dólares americanos, en los años transcurridos de la actividad minera, hasta su abandono definitivo<sup>142</sup>.

La siguiente ilustración, representa la valoración gráfica de los condicionantes descritos con la información histórica existente; configurándola como el sistema paisajístico de la zona de estudio:



4.13 La valoración paisajística histórica de la zona

La información obtenida, será analizada y servirá para diseñar el programa de recuperación paisajística de la zona de estudio.

### 4.3.2 EL ANÁLISIS DE LA VALORACIÓN PAISAJÍSTICA

Para la valoración paisajística de la zona, se procedió a la recopilación de la escasa información existente, y el muestreo selectivo del paisaje de la zona de estudio. En una segunda fase del trabajo de gabinete, se realizó el análisis y la valoración paisajística de los elementos con la información obtenida.

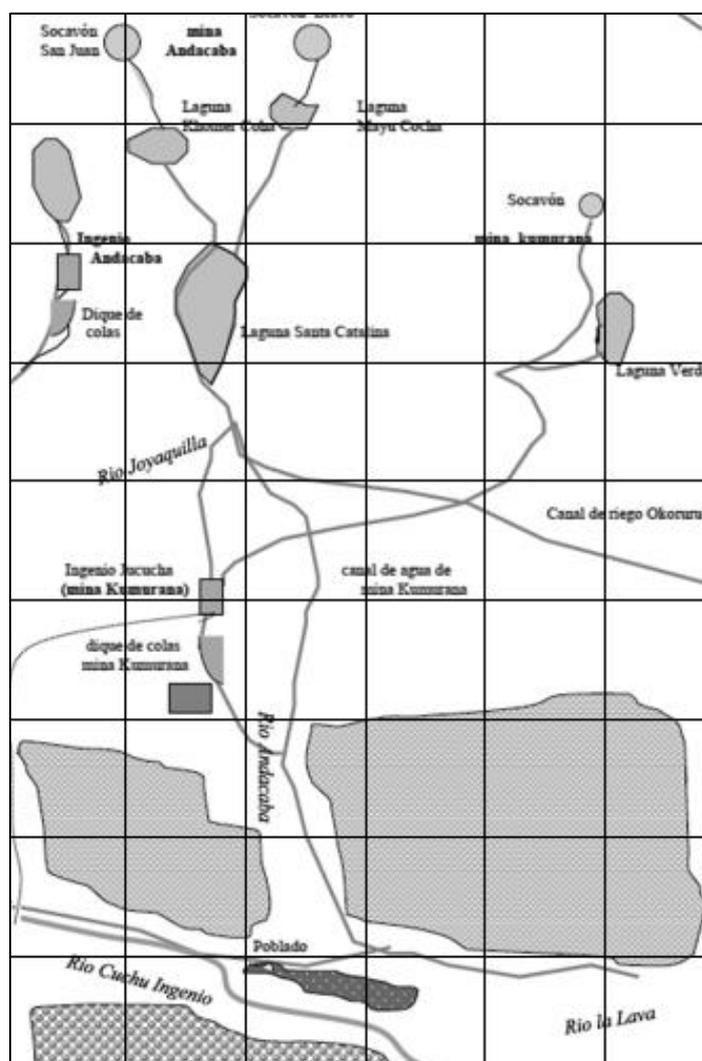
<sup>142</sup> Al término y abandono de la actividad minera no se ha procedido a ejecutar ninguna acción de recuperación del paisaje

## EL MUESTREO PAISAJÍSTICO

La metodología de obtención de información del paisaje de la zona, fue la siguiente:

Se procedió a realizar entrevistas a la población local, con la acreditación de la documentación respectiva, y se elaboró un primer informe de la situación paisajística y minera de la zona. Posteriormente, se realizó una visita a las zonas de referencia en dicho informe con la toma de fotografías de las vistas representativas para, finalmente, elaborar un segundo informe gráfico representativo de la situación actual del paisaje<sup>143</sup>.

En el siguiente plano, se representa la técnica seguida para el muestreo paisajístico de la zona de estudio. Se dividió la zona en sectores regulares de visibilidad para la evaluación paisajística, donde la visualización de los elementos es buena en condiciones normales, y se procedió a dibujar el croquis con los elementos paisajísticos más representativos<sup>144</sup>:



4.14 La parcelación visual de la zona

<sup>143</sup> Fotografías del muestreo paisajístico de la zona de estudio: 1.9, 1.10, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10

<sup>144</sup> Se realizó en buenas condiciones de visibilidad. Para más información ver las ilustraciones 1.38 y 1.39

Para el proceso de identificación paisajística de la zona, se evaluaron los siguientes condicionantes del paisaje:

- Condicionantes físicos o naturales
- Condicionantes socio económicos
- Condicionantes turísticos
- Condicionantes de investigación
- Condicionantes culturales
- Condicionantes ecológicos

La importancia del impacto en el paisaje es valorado como la magnitud de la modificación o alteración producida por la actividad minera sobre los condicionantes del paisaje natural o físico, socioeconómico, cultural o de investigación, turístico y ecológico, en el tiempo de actividad.

La zona observada no tiene ninguna actividad cultural, turística y ecológica, por lo que la valoración real sobre los condicionantes del paisaje se realiza únicamente sobre los aspectos físicos y socioeconómicos del medioambiente de la zona de estudio.

#### EL DIAGNOSTICO PAISAJÍSTICO<sup>145</sup>:

En el proceso de valoración y diagnóstico del entorno paisajístico de la zona de estudio, se han utilizado diversas herramientas informáticas y programas especializados, con el fin de integrar a la información obtenida, los objetivos del estudio expuestos en el punto 2.1.2:

PROYECTO	ZONA	sector	Duración	Recursos afectados	SGN	Costo (miles)	Extensión (ha)	Aparición (meses)	Permanencia (meses)	Recuperación (meses)	IMP (Uimp)	CPA	CPR	Ind. Impacto (Uimp)	% Imp. Paisajístico
<b>Impacto paisajís</b>			250,5 mss			2.769 m €	111,92	1,12 mss	158 mss	23 mss	-1747544,09	0,59	7,89	-8070126,48	100,66
<b>1 PROYECTO A</b>	Zona A	6	250,5 mss	fauna[10];vegeta		601 m €	13,7	2,25 mss	145 mss	6 mss	-57668,06	0,88	7,75	-382817,38	4,77
1.1 acción a	Zona A1	7	16 mss	camino local[1]		100 m €	2	5 mss	16 mss	6 mss	-3168	1	7	-22176	0,28
1.2 acción b	Zona A1	9	21 mss	vegetación[5];cam		145 m €	10	0 mss	21 mss	0 mss	-29232	0,5	9	-131544	1,64
1.3 acción c	Zona A3	6	8 mss	fauna[23]		90 m €	1	3 mss	8 mss	0 mss	561,6	1	6	3369,6	-0,04
1.4 acción d	Zona A4	9	145 mss	campo[1]		266 m €	0,7	1 ms	145 mss	0 mss	-25829,66	1	9	-232466,98	2,9
<b>2 PROYECTO B</b>	Zona B	9	182,3 mss	carretera[1]		1.293 m €	16,1	1,6 mss	154 mss	14 mss	-379146,63	0,71	6,71	-3015134,42	37,61
2.1 acción a	Zona B1	6	4 mss	camino rural[1]		233 m €	3	1 ms	4 mss	1 ms	-2684,16	1	6	-16104,96	0,2
2.2 acción b	Zona B3	8	5,15 mss	campo[0];camino		50 m €	5	2 mss	5,15 mss	4 mss	-1476	0,1	8	-1180,8	0,01
2.3 acción c	Zona B3	8	3 mss	montaña[1]		145 m €	0,5	0 mss	3 mss	5 mss	-382,8	0,4	8	-1224,96	0,02
2.4 acción d	Zona B4	9	14 mss	fauna[5]		12 m €	0,4	4 mss	14 mss	2 mss	-59,9	0,5	9	-269,57	0
2.5 acción e	Zona B6	8	154 mss	rio y camino rural		850 m €	3	4 mss	154 mss	2 mss	-374544	1	8	-2996352	37,37
2.6 acción f	Zona B6	5	3 días	poblado grande[1]		3 m €	0,2	0 mss	3 días	0 mss	0,09	1	5	0,43	-0
2.7 acción g	Zona B7	3	2 mss	fauna[6]		0 m €	4	0,2 mss	2 mss	0 mss	0,15	1	3	0,44	-0
<b>3 PROYECTO C</b>	Zona C	5	150 mss	especies en ext		787 m €	33,12	0,3 mss	137 mss	0 mss	-916100,28	0,17	10,5	-1515974,16	18,91
3.1 acción a	Zona C1	16	137 mss	camino local[1]		430 m €	16	0 mss	137 mss	0 mss	-904857,6	0,1	16	-1447772,16	18,06
3.2 acción b	Zona C2	6	2 mss	vegetación[1]		95 m €	6,12	0,4 mss	2 mss	0 mss	-1004,66	0,1	6	-602,8	0,01
3.3 acción c	Zona C3	4	11 mss	fauna[1]		17 m €	2	0,8 mss	11 mss	0 mss	345,98	0,1	4	138,39	-0
3.4 acción d	Zona C3	16	5 mss	especies en extinc		245 m €	9	0 mss	5 mss	0 mss	-10584	0,4	16	-67737,6	0,84
<b>4 PROYECTO D</b>	Zona D	6	174,5 mss	poblado grande[		88 m €	49	0,33 mss	158 mss	3 mss	-394629,12	0,5	7,33	-3156203,52	39,37
4.1 acción a	Zona D1	8	158 mss	carretera[1]		76 m €	34	0 mss	158 mss	2 mss	-394421,76	1	8	-3155374,08	39,36
4.2 acción b	Zona D2	10	3 mss	camino local[1]		12 m €	6	0 mss	3 mss	0 mss	-207,36	0,4	10	-829,44	0,01
4.3 acción c	Zona D2	4	6 mss	camino local[1]		0 m €	9	1 ms	6 mss	1 ms	0	0,1	4	0	0

#### 4.15 La evaluación paisajística con el programa Microsoft Project

<sup>145</sup> La valoración está organizada con los informes técnicos y el material visual obtenido de la zona; y la representación está realizada con base a la ilustración 1.38 en miles de dólares.

La ilustración, muestra la simulación del proceso de trabajo de gabinete en la valoración paisajística realizada con el programa Microsoft Project®. Se sintetizan las características del proyecto minero, la localización, acciones realizadas con su duración en el tiempo, y los recursos del medioambiente afectados por la actividad.

Siguiendo el diseño, se representan las valoraciones de magnitud de impacto como el signo, costo, extensión, permanencia y recuperación, para proceder a los cálculos correspondientes, y obtener los resultados del impacto producido por la actividad minera sobre los factores físicos y socioeconómicos de la zona de estudio.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

VARIACIÓN DE VALOR EN LOS CONDICIONANTES FÍSICOS DEL PAISAJE DE LA ZONA								
año	recursos hídricos	Calidad agua	Suelo subterr.	Cambio geomorf.	Erosión superfici.	Movim. tierras	Cobertura Pastos	Subtotal
5								
6	-11,1	-5,28	-0,88		-9,08			-26,34
7	-11,3	-4,72	-2,25		-10			-28,27
8	-11,6	-4,32	-3,68		-10,98			-30,58
9	-12	-4,08	-5,17		-12,02	-0,46		-33,73
10	-12,5	-4	-6,72		-13,12	-3,96		-40,3
11	-13,1	-4,08	-8,33		-14,28	-7,14		-46,93
12	-13,8	-4,32	-10	0	-15,5	-10	0	-53,62
13	-14,6	-4,72	-11,73	-8,47	-16,78	-12,54	-3,1	-71,94
14	-15,5	-5,28	-13,52	-16,28	-18,12	-14,76	-6,2	-89,66
15	-16,5	-6	-15,37	-23,43	-19,52	-16,66	-9,3	-106,78
16	-17,6	-6,88	-17,28	-29,92	-20,98	-18,24	-12,4	-123,3
17	-18,8	-7,92	-19,25	-35,75	-22,5	-19,5	-15,5	-139,22
18	-20,1	-9,12	-21,28	-40,92	-24,08	-20,44	-18,6	-154,54
19	-21,5	-10,48	-23,37	-45,43	-25,72	-21,06	-21,7	-169,26
20	-23	-12	-25,52	-49,28	-27,42	-21,36	-24,8	-183,38
21	-24,6	-13,68	-27,73	-52,47	-29,18	-21,34	-27,9	-196,9
22	-26,3	-15,52	-30	-55	-31	-21	-31	-209,82
23	-28,1	-17,52	-32,33	-56,87	-32,88	-20,34	-34,1	-222,14
24	-30	-19,68	-34,72	-58,08	-34,82	-19,36	-37,2	-233,86
25	-32	-22	-37,17	-58,63	-36,82	-18,06	-40,3	-244,98
26	-34,1	-24,48	-39,68	-58,52	-38,88	-16,44	-43,4	-255,5
27	-36,3	-27,12	-42,25	-57,75	-41	-14,5	-46,5	-265,42
28	-38,6	-29,92	-44,88	-56,32	-43,18	-12,24	-49,6	-274,44
29	-41	-32,88	-47,57	-54,23	-45,42	-9,66	-52,7	-283,46
30	-43,5	-36	-50,32	-51,48	-47,72	-6,76	-55,8	-291,58
Total	-567,5	-332	-571	-808,83	-641	-325,82	-530,1	-3247,8

#### 4.16 La valoración de los condicionantes físicos del paisaje de la zona

Este programa informático es muy versátil para el tratamiento de los proyectos, incluye apartados para anotaciones, gráficos y esquemas como los relativos a la visualización de la zona de estudio, la sectorización del terreno o el tratamiento de la información por diagramas de Gantt y de seguimiento en la valoración paisajista; y la incorporación de operaciones matemáticas que facilitan el cálculo de los impactos paisajísticos,

La siguiente tabla, continuación de la anterior, representa la variación que se produce en el valor de los condicionantes socioeconómicos del paisaje de la zona, causados por la actividad minera, y según el tiempo de desarrollo.

VARIACIÓN DE LOS CONDICIONANTES SOCIOECONÓMICOS DEL PAISAJE DE LA ZONA						
años	salud higiene	Consumo ambiental	Capacidad agrícola	Capacidad Urbana	Renta y empleo	Subtotal
5	-	-	-7,5	-19,56	8,57	-18,49
6	-	-	-18	-25	16,08	-26,92
7	-	-	-27,5	-29,9	23,75	-33,65
8	-	-	-36	-34,26	31,58	-38,68
9	-5,72	-	-43,5	-38,08	39,57	-42,01
10	-15,72	-	-50	-41,36	47,72	-43,64
11	-24,98	5,28	-55,5	-44,1	56,03	-52,27
12	-33,5	-6	-60	-46,3	64,5	-69,3
13	-41,28	-16,12	-63,5	-47,96	73,13	-82,73
14	-48,32	-25,08	-66	-49,08	81,92	-92,56
15	-54,62	-32,88	-67,5	-49,66	90,87	-98,79
16	-60,18	-39,52	-68	-49,7	99,98	-101,42
17	-65	-45	-67,5	-49,2	109,25	-100,45
18	-69,08	-49,32	-66	-48,16	118,68	-95,88
19	-72,42	-52,48	-63,5	-46,58	128,27	-87,71
20	-75,02	-54,48	-60	-44,46	138,02	-75,94
21	-76,88	-55,32	-55,5	-41,8	147,93	-60,57
22	-78	-55	-50	-38,6	158	-41,6
23	-78,38	-53,52	-43,5	-34,86	168,23	-19,03
24	-78,02	-50,88	-36	-30,58	178,62	7,14
25	-76,92	-47,08	-27,5	-25,76	189,17	36,91
26	-75,08	-42,12	-18	-20,4	199,88	70,28
27	-72,5	-36	-7,5	-14,5	210,75	107,25
28	-69,18	-28,72	4	-8,06	221,78	147,82
29	-65,12	-20,28	16,5	-1,08	232,97	191,99
30	-60,32	-10,68	30	6,44	244,32	239,76
Total	-1296,24	-715,2	-918,5	-763,84	2999,59	-694,19

#### 4.17 La valoración de los condicionantes socioeconómicos del paisaje de la zona

En la valoración de los impactos paisajísticos producidos, se cruzaron las informaciones históricas aportadas por la población local, documentos técnicos, y datos del muestreo gráfico realizado, con el fin de predecir las incidencias producidas en el paisaje local en el tiempo de la actividad minera, y prever las posibles acciones desarrolladas.

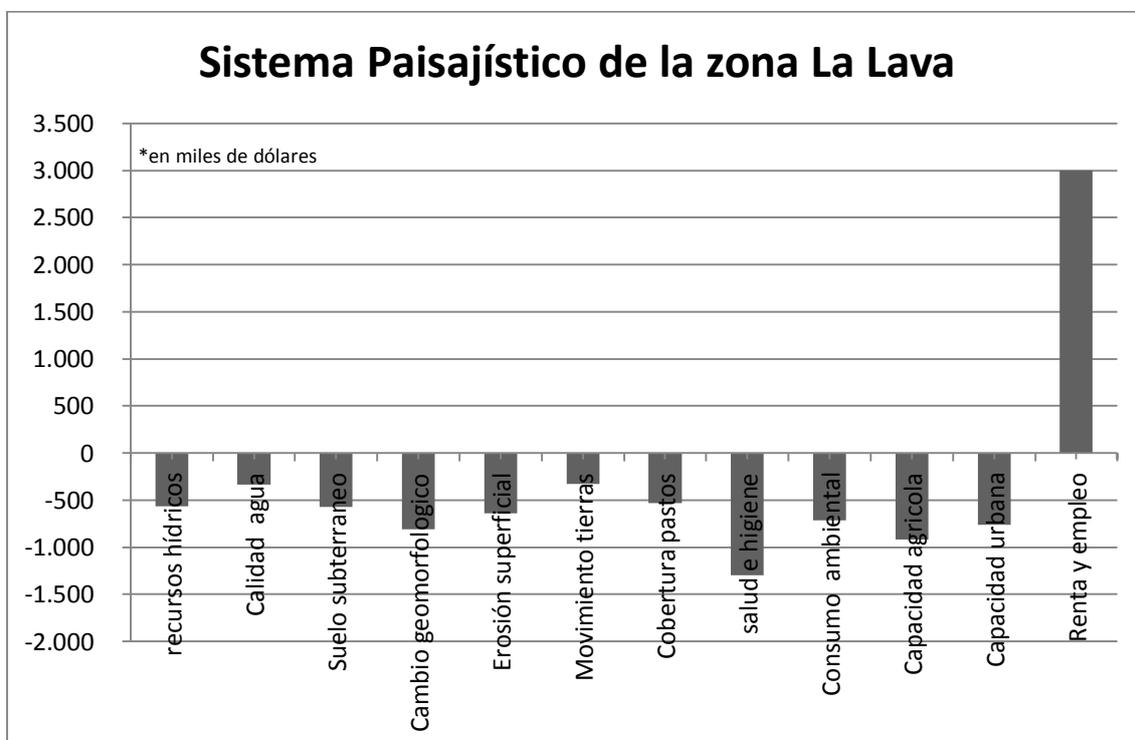
Una vez identificadas las posibles alteraciones, y asignado un determinado valor a cada acción, se procedió a definir el nivel de importancia de los impactos generados por la actividad minera, siendo representativa a partir del quinto año en su evaluación<sup>146</sup>:

VARIACIÓN DE VALOR DEL SISTEMA PAISAJÍSTICO			
años	Físico	Socioeconómico	General
5	-	-18,49	-18,49
6	-26,34	-26,92	-53,26
7	-28,27	-33,65	-61,92
8	-30,58	-38,68	-69,26
9	-33,73	-42,01	-75,74
10	-40,3	-43,64	-83,94
11	-46,93	-52,27	-99,20
12	-53,62	-69,3	-122,92
13	-71,94	-82,73	-154,67
14	-89,66	-92,56	-182,22
15	-106,78	-98,79	-205,57
16	-123,3	-101,42	-224,72
17	-139,22	-100,45	-239,67
18	-154,54	-95,88	-250,42
19	-169,26	-87,71	-256,97
20	-183,38	-75,94	-259,32
21	-196,9	-60,57	-257,47
22	-209,82	-41,6	-251,42
23	-222,14	-19,03	-241,17
24	-233,86	7,14	-226,72
25	-244,98	36,91	-208,07
26	-255,5	70,28	-185,22
27	-265,42	107,25	-158,17
28	-274,44	147,82	-126,62
29	-283,46	191,99	-91,47
30	-291,58	239,76	-51,82
Total	-3247,8	-694,19	-3.941,99

#### 4.18 La valoración del sistema paisajístico de la zona

<sup>146</sup> La simulación de valoración paisajística se realiza en los últimos 30 años de actividad minera, antes de esta fecha no se tiene información

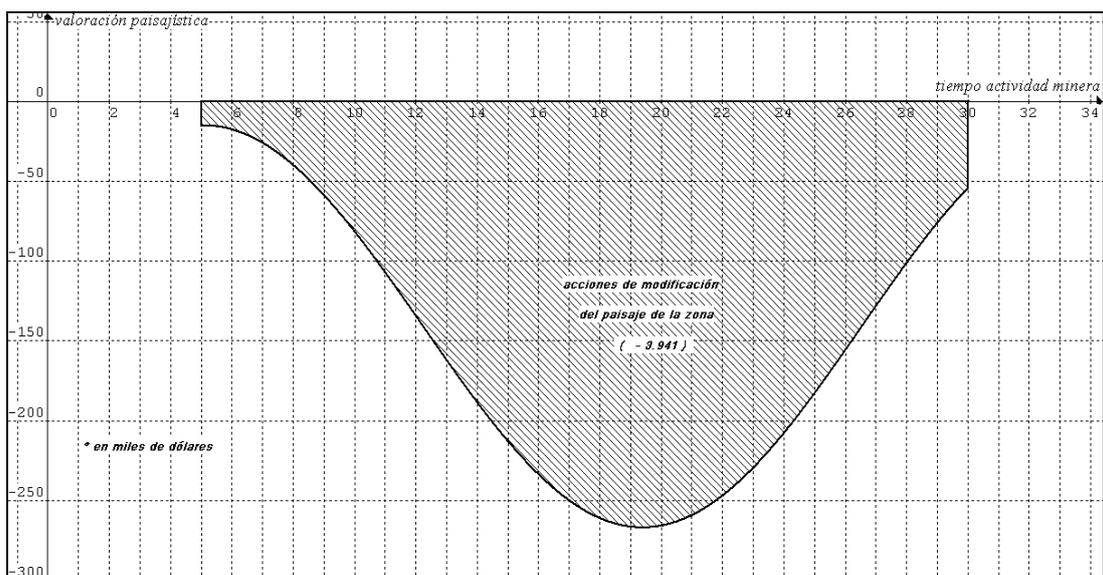
Con los datos del valor en la calidad paisajística, se elaboró el siguiente gráfico:



4.19 La valoración del sistema paisajístico de la zona

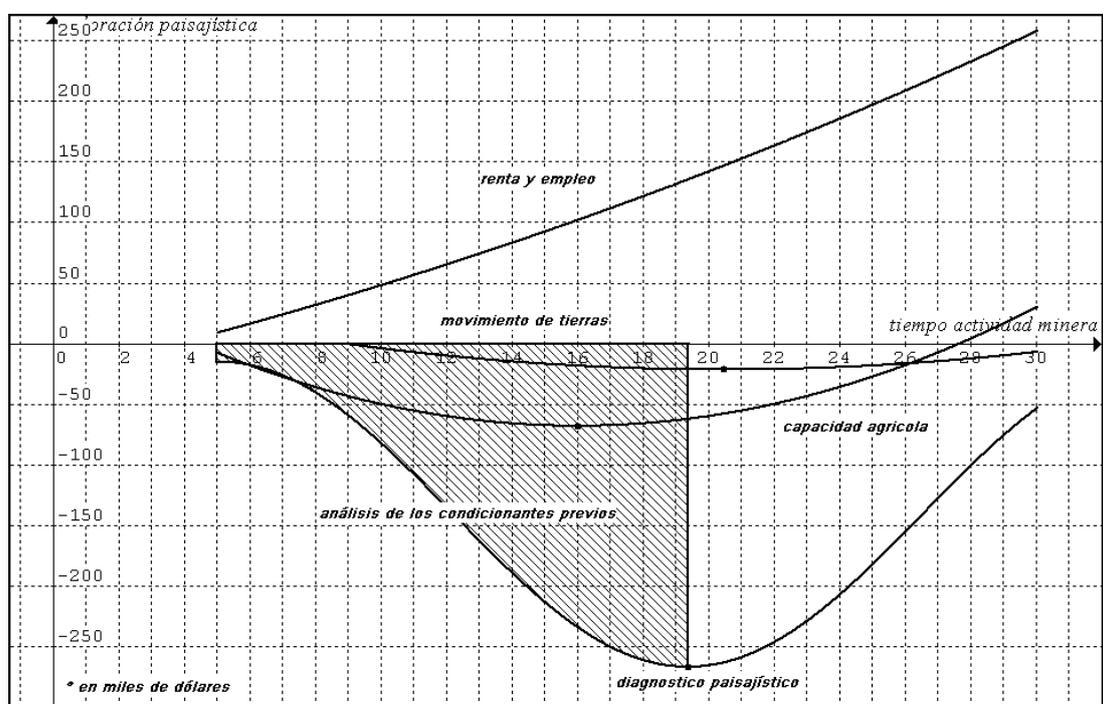
Se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. La transformación del paisaje local y su recuperación, es originada por una única actividad, la minería, que se desarrolla en la zona, en un periodo de 30 años.
2. El sistema paisajístico en la zona está definido por las modificaciones de valor producidas por las acciones mineras, en:
  - a Los recursos hídricos de la zona
  - b La calidad de agua
  - c Los suelos subterráneos
  - d Los cambios geomorfológicos
  - e La erosión superficial de la tierra
  - f Por los movimientos de tierra
  - g La salud e higiene de la población
  - h El consumo ambiental y orgánico
  - i La capacidad agrícola del terreno
  - j La capacidad urbana del suelo
  - k La renta y el empleo de la población
3. En el proceso de valoración del paisaje, se ha tenido en cuenta los condicionantes de valor más importantes que pueden ser alterados por las acciones del proyecto minero:



3.20 Las acciones de modificación del paisaje de la zona

4. Los condicionantes del paisaje valorados en el proceso, con excepción de las evaluaciones por la renta y el empleo, sufrieron pérdidas del valor paisajístico por la actividad minera, en el tiempo que se desarrolló el proyecto:



4.21 El diagnóstico paisajístico de la zona

5. El análisis de los condicionantes, describen el diagnóstico previo a la etapa de recuperación del paisaje por un proceso de reversión y la aplicación de medidas restauradoras. La reversión paisajística se inicia en el punto mínimo de la función del proyecto.
6. Los puntos mínimos para el inicio de la recuperación en los condicionantes del paisaje son variables en el sistema.
7. El proyecto minero genera un impacto significativo negativo en el valor físico del paisaje, y positivo por la valoración socioeconómica que realiza una función compensatoria por el condicionante de la renta y empleo.

Realizado el diagnóstico previo de modificación del paisaje por las acciones productivas mineras, parte sombreada de la ilustración anterior, se procede a una segunda fase de recuperación del sistema paisajístico con el proceso de reversión de los condicionantes, que se inicia con el cambio de dirección de la línea de proyecto, en el tiempo de actividad minera.

#### **4.4 LA RECUPERACIÓN PAISAJÍSTICA DE LA ZONA**

Es necesario conservar toda la información del proceso de evaluación en un documento de síntesis, que servirá para diseñar el programa de recuperación del sistema paisajístico de la zona de estudio.

El programa de recuperación del sistema paisajístico, puede ser:

- Por reversión natural de los condicionantes del paisaje alterados<sup>147</sup>
- Por rehabilitación con la aplicación de medidas restauradoras adicionales

En el proceso de reversión paisajística, Ana Correa dice al respecto: “el manejo para la conservación de paisajes alterados debe involucrar el cese y la reversión de los procesos de destrucción y modificación del hábitat natural<sup>148</sup>”. Con este planteamiento, los condicionantes del sistema paisajístico deben retornar al estado anterior que tenían antes de ejecutar las acciones del proyecto minero, para recuperar, así, las características y condiciones iniciales, y transformar los activos existentes en pasivos mineros.

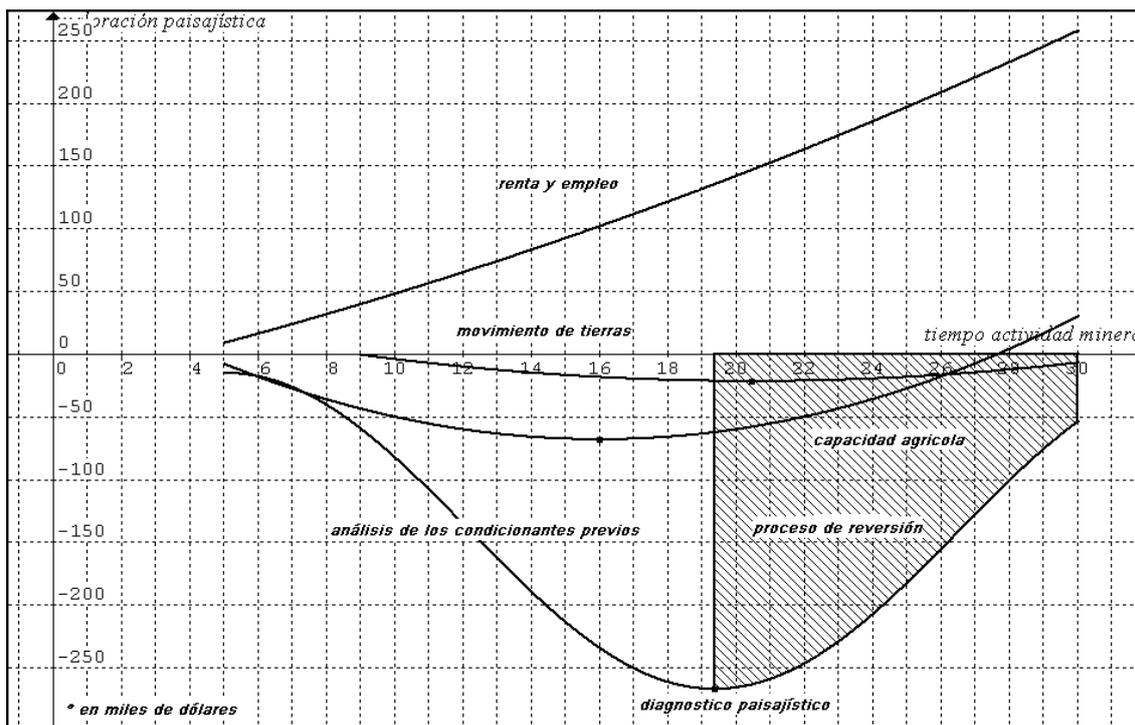
Según la valoración de los condicionantes realizada, y representado en el siguiente gráfico, solo diseñan una nueva trayectoria de reversión en la línea de proyecto con la modificación del paisaje, los condicionantes paisajísticos:

- el movimiento de tierras
- el cambios geomorfológico
- La capacidad agrícola y urbana
- La renta y empleo
- La salud y seguridad de la población

---

<sup>147</sup> Reversión paisajística natural de los pasivos mineros. Consulte las ilustraciones 1.79 y 1.84

<sup>148</sup> Fuente: Revista Forestal Centroamericana nº 34, CATIE-Costa Rica



#### 4.22 El proceso de reversión paisajística

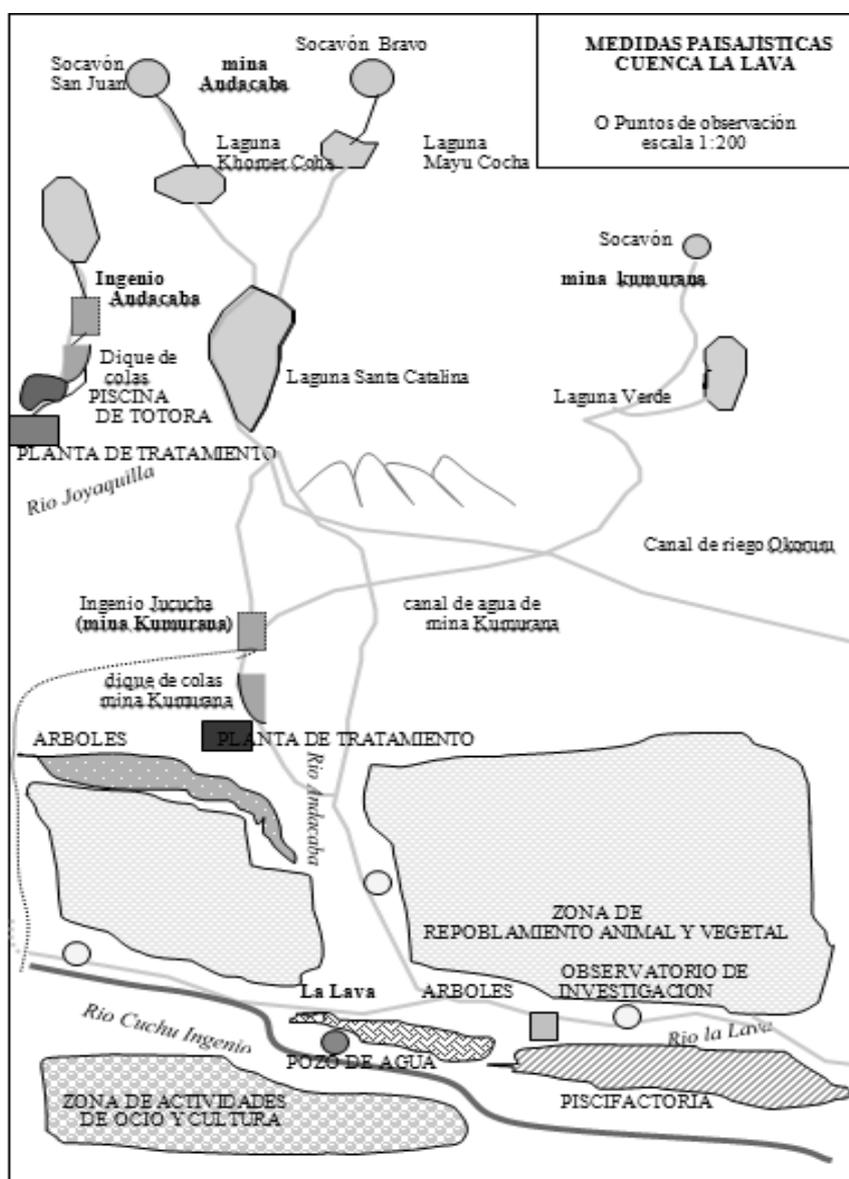
En la siguiente tabla resumen, se expresan los valores de los condicionantes locales según el tiempo de evolución de las acciones mineras en el sistema paisajístico:

año	recursos hídricos	Calidad agua	Suelo subterr.	Cambio geomorfológico	Erosión superficial	Movim. tierras	Cobertura pastos	salud higiene	Consumo ambiental	Capacidad agrícola	Capacidad urbana	Renta y empleo
5								-	-	-7,5	-19,56	8,57
6	-11,1	-5,28	-0,88		-9,08			-	-	-18	-25	16,08
7	-11,3	-4,72	-2,25		-10			-	-	-27,5	-29,9	23,75
8	-11,6	-4,32	-3,68		-10,98			-	-	-36	-34,26	31,58
9	-12	-4,08	-5,17		-12,02	-0,46		-5,72	-	-43,5	-38,08	39,57
10	-12,5	-4	-6,72		-13,12	-3,96		-15,72	-	-50	-41,36	47,72
11	-13,1	-4,08	-8,33		-14,28	-7,14		-24,98	5,28	-55,5	-44,1	56,03
12	-13,8	-4,32	-10	0	-15,5	-10	0	-33,5	-6	-60	-46,3	64,5
13	-14,6	-4,72	-11,73	-8,47	-16,78	-12,54	-3,1	-41,28	-16,12	-63,5	-47,96	73,13
14	-15,5	-5,28	-13,52	-16,28	-18,12	-14,76	-6,2	-48,32	-25,08	-66	-49,08	81,92
15	-16,5	-6	-15,37	-23,43	-19,52	-16,66	-9,3	-54,62	-32,88	-67,5	-49,66	90,87
16	-17,6	-6,88	-17,28	-29,92	-20,98	-18,24	-12,4	-60,18	-39,52	-68	-49,7	99,98
17	-18,8	-7,92	-19,25	-35,75	-22,5	-19,5	-15,5	-65	-45	-67,5	-49,2	109,25
18	-20,1	-9,12	-21,28	-40,92	-24,08	-20,44	-18,6	-69,08	-49,32	-66	-48,16	118,68
19	-21,5	-10,48	-23,37	-45,43	-25,72	-21,06	-21,7	-72,42	-52,48	-63,5	-46,58	128,27
20	-23	-12	-25,52	-49,28	-27,42	-21,36	-24,8	-75,02	-54,48	-60	-44,46	138,02
21	-24,6	-13,68	-27,73	-52,47	-29,18	-21,34	-27,9	-76,88	-55,32	-55,5	-41,8	147,93
22	-26,3	-15,52	-30	-55	-31	-21	-31	-78	-55	-50	-38,6	158
23	-28,1	-17,52	-32,33	-56,87	-32,88	-20,34	-34,1	-78,38	-53,52	-43,5	-34,86	168,23
24	-30	-19,68	-34,72	-58,08	-34,82	-19,36	-37,2	-78,02	-50,88	-36	-30,58	178,62
25	-32	-22	-37,17	-58,63	-36,82	-18,06	-40,3	-76,92	-47,08	-27,5	-25,76	189,17
26	-34,1	-24,48	-39,68	-58,52	-38,88	-16,44	-43,4	-75,08	-42,12	-18	-20,4	199,88
27	-36,3	-27,12	-42,25	-57,75	-41	-14,5	-46,5	-72,5	-36	-7,5	-14,5	210,75
28	-38,6	-29,92	-44,88	-56,32	-43,18	-12,24	-49,6	-69,18	-28,72	4	-8,06	221,78
29	-41	-32,88	-47,57	-54,23	-45,42	-9,66	-52,7	-65,12	-20,28	16,5	-1,08	232,97
30	-43,5	-36	-50,32	-51,48	-47,72	-6,76	-55,8	-60,32	-10,68	30	6,44	244,32

#### 4.23 La evolución de los condicionantes paisajísticos

Con el cese de las acciones mineras, estas, se transforman en acciones de recuperación por la reversión natural en el paisaje. El abandono de la actividad minera facilita este proceso de reversión paisajística; de esta forma se consigue recuperar parcialmente, y de forma natural, el sistema paisajístico de la zona; pero es necesario incorporar medidas adicionales para la completa restauración y lograr la rentabilidad ambiental sostenida<sup>149</sup>.

El programa conteniendo las medidas restauradoras, debe ser diseñado por el equipo evaluador del proyecto, teniendo en consideración los informes técnicos y los documentos de síntesis de las evaluaciones practicadas en las fases anteriores. Como documento de trabajo puede elaborarse un prototipo gráfico conteniendo las recomendaciones a las medidas restauradoras finales que se implementarán:



4.24 El diseño de las medidas paisajísticas

<sup>149</sup> No es necesario aplicar acciones de remediación en la recuperación del sistema paisajístico

Las medidas restauradoras adicionales a implementar en la zona para la recuperación paisajística, y según el diagnóstico y los estudios de impacto ambiental practicados<sup>150</sup>, son resumidas en la siguiente tabla:

Acción minera impactante realizada	Factor paisajístico afectado	Medida restauradora adicional	Tiempo de aplicación	Costo (dólares)
Edificación y vertido contaminante al río	Zona minera y río kumurana (físico)	Acciones de derribo limpieza tratamiento	2 años	22.875 <sup>151</sup>
Edificación y vertido contaminante al río	Zona minera y río Andacaba (físico)	Acciones de derribo limpieza tratamiento	2 años	22.875
Introducción reactivos químicos al río	Río Joyaquilla (físico) y flora autóctona	Construcción piscina plantas de totora	2 años	17.600
Vertidos contaminantes de zonas de cultivo	Campos de cultivo (Socioeconómico)	Tratamiento químico en ríos y campos	4 años	9.000
Contaminación y falta de agua potable	Calidad de agua del río (Socioeconómico)	pozos de agua piscifactoría	4 años	8.620
Vertidos, escombreras e instalaciones mineras	Puntos de interés de observación turística	Limpieza, pantallas y cubierta vegetal	4 años	4.500
polvo y contaminación del agua y suelos	Pastizales y campos (Socioeconómico)	Limp. repoblamiento ganado y peces	1 año	2.000
Acción minera indirecta	Cultural y científica (socioeconómico)	Estudio de instalación de paneles solares	2 años	1.000
<b>TOTAL</b>	Area: 50 km <sup>2</sup>	Recuperación: 100%	4 años	88.470

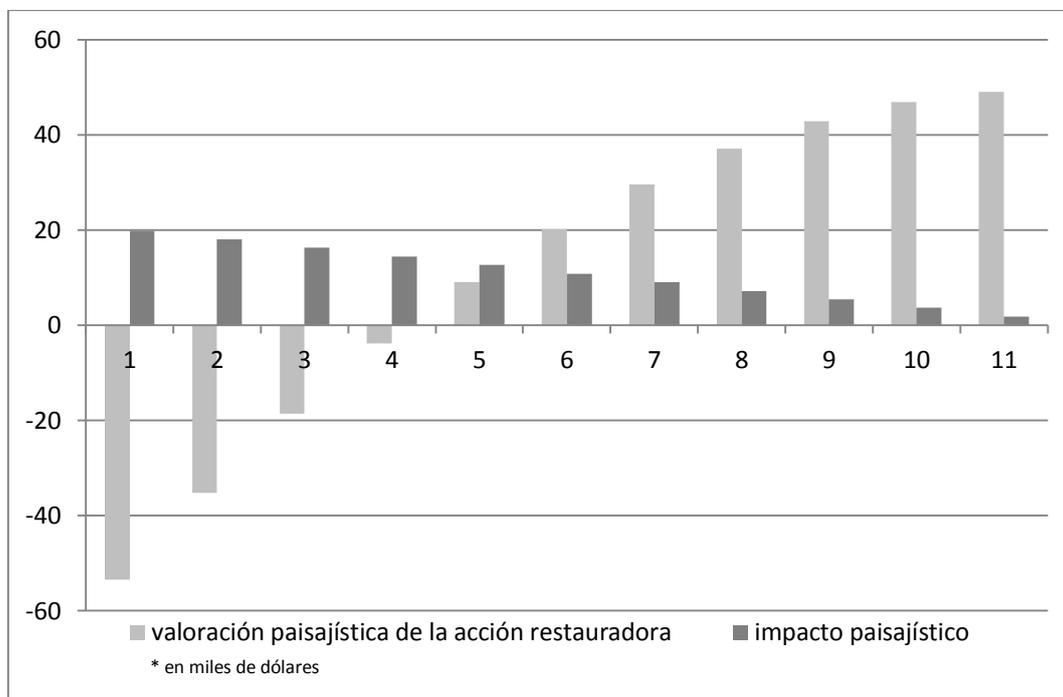
#### 4.25 Las medidas paisajistas restauradoras de la zona

Las medidas paisajistas restauradoras a implementar en la zona se realizan siguiendo un programa de ejecución, con el propósito de cumplir con los requisitos del proyecto, plazos de ejecución, gastos por desembolsos y objetivos paisajísticos, para lograr el factor de rentabilidad sostenida propuesto para el proyecto minero.

<sup>150</sup> Proyecto: "Evaluación del impacto minero en salud y agro ganadería en Bolivia", ver anexo I

<sup>151</sup> Costo de derribo de la edificación minera, la instalación y equipamiento de la planta de tratamiento. Costo de mano de obra: 300 dólares/mes

En la siguiente ilustración, se sintetizan los parámetros de costos y tiempos (en años), por acciones del programa de restauración del proyecto minero, y el impacto paisajístico producido:



4.26 La valoración paisajística del programa de restauración

En la aplicación de la metodología de evaluación paisajística del proyecto, se sugiere, como documento final, la elaboración de una ficha resumen con los resultados obtenidos en el proceso de valoración y recuperación del sistema paisajístico de la zona afectada por la actividad minera.

## **4.5 EL ANALISIS DE RESULTADOS**

El estudio del sistema paisajístico, las fuentes para el procesamiento de la información ambiental y su aplicación en el proyecto, plantean la posibilidad de obtener varias categorías de resultados, según la forma de análisis, la presentación estadística y el tratamiento de la información obtenida en la evaluación de los recursos visuales del proyecto minero.

Así, se pueden obtener las siguientes categorías de resultados e información paisajística del proyecto minero:

- de la calidad del sistema paisajístico
- de la fragilidad del sistema paisajístico
- de las alteraciones por las acciones sobre el sistema paisajístico

- de los impactos paisajístico que se generan en el proyecto
- del diseño de programas de recuperación del sistema paisajístico
- del diseño de planes en medidas preventivas y correctoras del sistema paisajístico
- de la rentabilidad sostenida del sistema paisajístico

Para la interpretación de los resultados, la aplicación del modelo de valoración, evaluación y recuperación del sistema paisajístico, y su integración al proyecto minero, se han tenido en cuenta las siguientes circunstancias:

- Que el tratamiento de la información este referida a los condiciones de la zona
- Que el recurso ambiental más importante a valorar sea el recurso paisajístico
- Que el modelo y la metodología a seguir en la evaluación este adaptado al proyecto

La metodología de trabajo para la elaboración de la ficha resume de resultados del proyecto paisajístico minero, es la siguiente:

0	<b>METODOLOGIA PAISAJISTICA DEL PROYECTO</b>
1	<b>1 LAS CARACTERISTICAS GENERALES Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO ( EXTENSIÓN DEL AREA DEL PAISAJE EN ESTUDIO)</b>
2	1.1 Los límites paisajísticos del area en estudio
3	1.1.1 establecer latitud, longitud, area, perimetro etc... del proyecto
4	1.1.2 localización y ubicación del proyecto
5	1.1.3 delimitar zonas de uso y nuevas
6	<b>2 EL ANALISIS TÉCNICO DEL PROYECTO</b>
7	2.1 Descripción de las acciones del proyecto
18	2.2 Tipificación y caracterización del medio físico del proyecto
41	2.3 cronología de las inversiones del proyecto
44	<b>3 EL ANÁLISIS PAISAJISTICO DEL PROYECTO</b>
45	3.1 ANALISIS DE LOS CONDICIONANTES DEL PAISAJE PREVO
61	3.2 DIAGNOSTICO GENERAL DEL PAISAJE ACTUAL
70	<b>4 LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO PAISAJISTICO DEL PROYECTO (IMP)</b>
71	4.1 EVALUACIÓN INTEGRAL DEL IMPACTO PAISAJISTICO
78	<b>5 DISEÑO DEL PROGRAMA DE RESTAURACIÓN PAISAJISTICA</b>
79	5.1 interpretación de los gráficos y alternativas de impacto del proyecto
80	5.2 medidas para un proyecto sostenible
81	5.3 establecer medidas preventivas y protectoras
82	5.4 establecer medidas correctoras
83	5.5 establecer medidas mitigadoras
84	5.6 establecer medidas compensatorias
85	<b>6 CONCLUSIONES Y RESULTADOS</b>
86	<b>6.1 INFORME FINAL</b>
87	6.1.1 INFORME TÉCNICO
88	6.1.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
89	<b>6.2 vistas y fotografías</b>
90	6.2.1 cronología histórica de vistas del proyecto
91	6.2.2 ESTADISTICAS

#### 4.27 La metodología de evaluación del proyecto minero

LA FICHA RESUMEN DEL PROYECTO MINERO:

- I. Proyecto: actividad minera
- II. Estado: pasivo minero
- III. Área de trabajo: 50 km<sup>2</sup>
- IV. Tiempo de duración del proyecto: 34 años

- V. Los condicionantes paisajísticos afectados<sup>152</sup>:
- a Los recursos hídricos de la zona
  - b La calidad de agua
  - c Los suelos subterráneos
  - d Los cambios geomorfológicos
  - e La erosión superficial de la tierra
  - f Por los movimientos de tierra
  - g La salud e higiene de la población
  - h El consumo ambiental y orgánico
  - i La cobertura de pastos del terreno
  - j La capacidad agrícola del terreno
  - k La capacidad urbana del suelo
  - l La renta y el empleo de la población
- VI. Las acciones paisajistas de proyecto minero<sup>153</sup>:
- a Construcciones de instalaciones e infraestructura
  - b Retiro de la cubierta vegetal
  - c Trazado de carreteras y caminos
  - d Movimiento de tierras y extracción de material de mina a tajo abierto
  - e Transporte del material por camiones
  - f Proceso de flotación del mineral
  - g Vertidos contaminantes sólidos y líquidos

Las empresas mineras de la zona procesaron un mineral sulfurado de plomo, zinc y plata en un volumen de 300 TM/día produciendo un concentrado de plomo-plata y zinc-plata, con un radio de concentración del 10%. Esto supone un vertido de contaminantes en forma de relaves sólidos y líquidos al entorno paisajístico, conteniendo querosén y sulfato de cobre, con un PH 2-3 altamente contaminante, con un volumen de deposición de 270 TM/día.

- VII. Como medidas restauradoras se propusieron las siguientes:
- a instalación de dos plantas de tratamiento con cal para el procesamiento y corrección de los vertidos contaminantes sólidos en las relaveras<sup>154</sup>
  - b acondicionamiento del embalse con plantación autóctona de totora para la captación de contaminantes líquidos en el río
  - c acondicionamiento parcial de la cubierta vegetal de la zona minera, retirada de escombros y material de deshecho
  - d construcción de un pozo de agua y acondicionamiento de una piscifactoría
  - e repoblamiento animal con especies autóctonas
  - f estudios para la instalación en la zona de paneles solares

- VIII. La matriz de evaluación del proyecto<sup>155</sup>:

---

<sup>152</sup> Los condicionantes impactados por la actividad minera

<sup>153</sup> Modificaciones y alteraciones del sistema paisajístico

<sup>154</sup> Acciones severas de restauración o de remediación del terreno

En la metodología de valoración paisajística del proyecto se han tenido en cuenta:

- a. La valoración de las acciones mineras, como activos del proyecto
- b. La valoración de las acciones de reversión paisajística natural en los pasivos mineros
- c. La valoración de las medidas de restauración paisajística

La valoración paisajística del proyecto minero se desarrolla en tres fases de acciones:

Acciones globales impactantes	factor paisajístico afectado	Inicio-fin de la acción (en años)	Impacto paisajístico (en dólares)
Acciones mineras	Sistema paisajístico	0 – 19.37	-2.015.290
Acciones globales de reversión <sup>156</sup>	Sistema paisajístico	19.37 – 30	1.910.650
Acciones globales de restauración <sup>157</sup>	Sistema paisajístico	30 – 34	88.470

#### 4.28 La matriz de evaluación del sistema paisajístico

#### IX. La rentabilidad paisajística del proyecto

La valoración paisajística del proyecto se realiza de forma global sobre los elementos del paisaje en la zona, cruzando las informaciones practicadas anteriormente con las evaluaciones. El resultado obtenido es el diseño de la trayectoria lineal del impacto paisajístico a lo largo del proyecto; también puede realizarse puntualmente, situándose en un tiempo determinado del proyecto, por ejemplo, en la fase de finalización de las acciones de reversión paisajística y el inicio de la etapa de restauración, que mostrará el estado de rentabilidad ambiental conseguida sin las acciones complementarias de restauración.

En este punto específico, se introducen nuevas acciones sobre los pasivos mineros existentes después del proceso de reversión paisajística, y que no han sido corregidos en esta fase con las medidas evaluadas. Estas acciones se aplican según las acciones definidas en el programa de restauración del proyecto y el tiempo de inicio para su ejecución<sup>158</sup>.

En la siguiente ilustración, se muestra el proceso de simulación seguido para la evaluación paisajista del proyecto minero<sup>159</sup>:

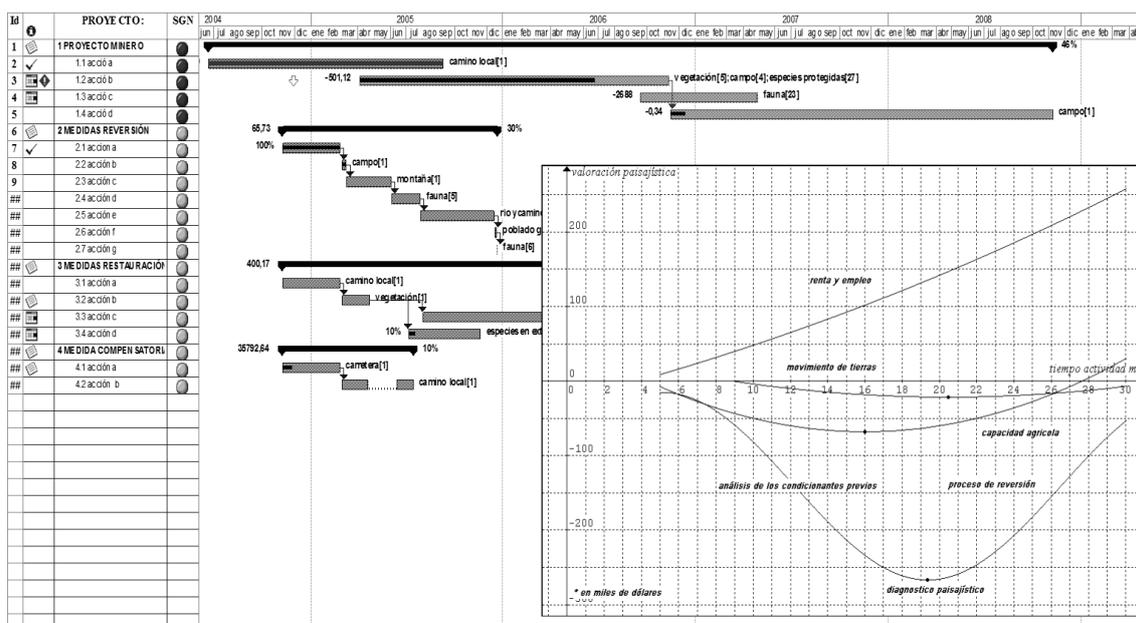
<sup>155</sup> Para más información, consulte las ilustraciones 4.23, 4.24 y 4.26

<sup>156</sup> Para más información, consulte la ilustración 4.22

<sup>157</sup> Acciones de restauración y remediación minera, costo total: 88.470 dólares

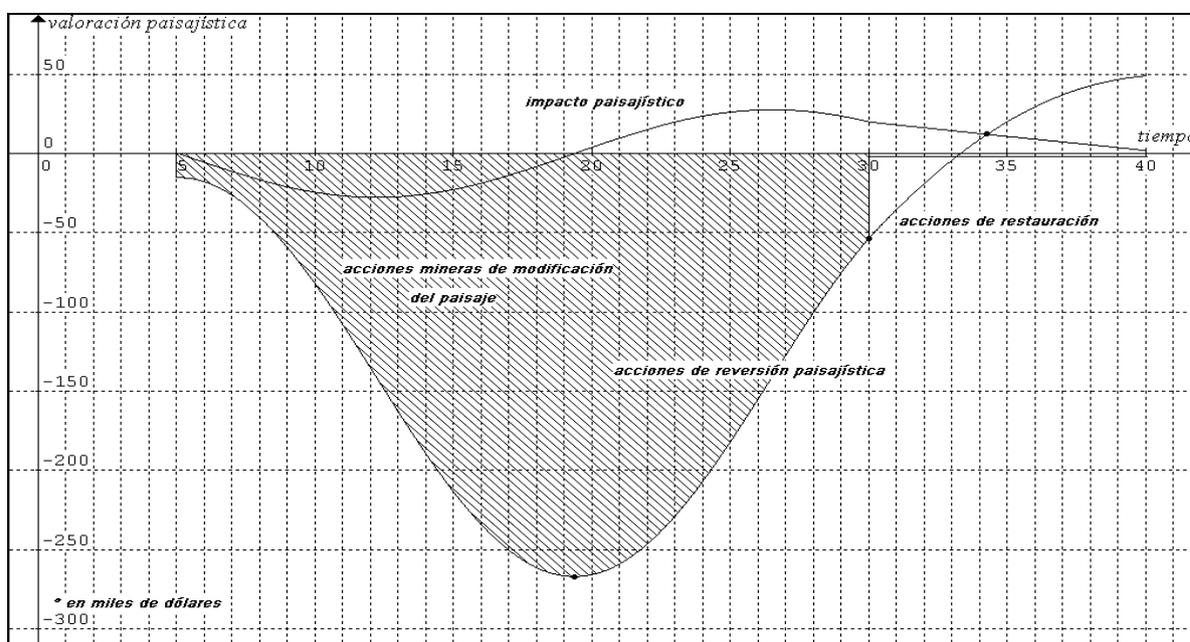
<sup>158</sup> El tiempo del proyecto paisajístico minero se ha calculado para 30 años de actividad y 4 años la fase de abandono. Para más información, consulte las ilustraciones 4.25, 4.26 y 4.28

<sup>159</sup> Programa informático Microsoft Project 2010



4.29 La simulación de evaluación del proyecto minero

La siguiente ilustración muestra las conclusiones obtenidas en el análisis de la valoración paisajística por las actividades mineras y las actuaciones producidas por reversión natural en el paisaje del proyecto minero (resultados en la tabla 4.31):



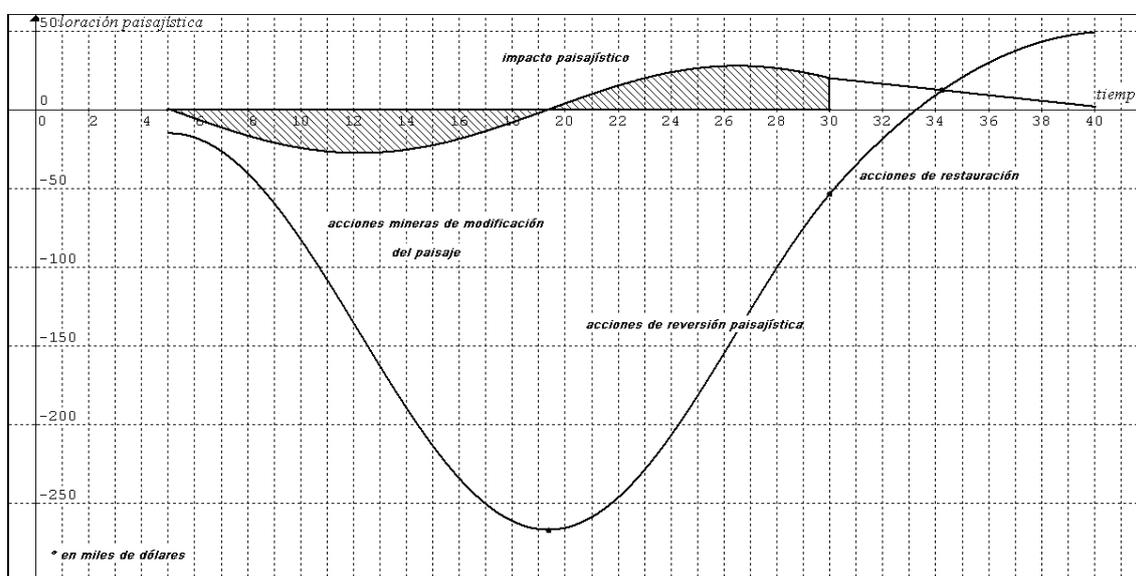
4.30 La valoración paisajística del proyecto minero

En la siguiente tabla resumen, se muestran las acciones paisajísticas desarrolladas con los datos de la calidad y rentabilidad en el tiempo del proyecto minero:

tiempo del proyecto (años)	Acciones del proyecto	línea del proyecto (en miles de dólares)	impacto paisajístico relativo (x1000) – absoluto (%)		rentabilidad paisajística (criterio de impacto)
1	minera	-	-	-	-
2	minera	-	-	-	-
3	minera	-	-	-	-
4	minera	-	-	-	-
5	minera	-15,27	0,58	-6%	Compatible
6	minera	-17,73	-5,48	-7%	Compatible
7	minera	-26,14	-11,27	-10%	Compatible
8	minera	-40,09	-16,52	-15%	Compatible
9	minera	-58,91	-20,97	-22%	Compatible
10	minera	-81,7	-24,41	-31%	Moderado
11	minera	-107,34	-26,68	-40%	Moderado
12	minera	-134,62	-27,65	-51%	Moderado
13	Minera	-162,21	-27,3	-61%	Severo
14	Minera	-188,78	-25,63	-71%	Severo
15	Minera	-213,05	-22,72	-80%	Critico
16	Minera	-233,86	-18,72	-88%	Critico
17	Minera	-250,19	-13,82	-94%	Critico
18	Minera	-261,27	-8,25	-98%	Critico
19	Minera	-266,55	-2,28	-100%	Critico
20	reversión	-265,79	3,8	99%	Critico
21	reversión	-259,02	9,69	-97%	Critico
22	reversión	-246,56	15,12	-93%	Critico
23	reversión	-229,02	19,82	-86%	Critico
24	reversión	-207,24	23,56	-78%	Critico
25	reversión	-182,28	26,17	-68%	Severo
26	reversión	-155,33	27,51	-58%	Severo
27	reversión	-127,69	27,53	-48%	Severo
28	reversión	-100,7	26,22	-38%	Moderado
29	reversión	-75,66	23,65	-28%	Compatible
30	restauración	-53,5	19,85	-20%	Compatible
31	restauración	-35,15	18,05	-13%	Compatible
32	restauración	-18,6	16,25	-7%	Compatible
33	restauración	-3,85	14,45	-1%	Compatible
34	seguimiento	9,1	12,65	3%	positivo reducido
35	seguimiento	20,25	10,85	8%	positivo reducido
36	seguimiento	29,6	9,05	11%	positivo reducido
37	seguimiento	37,15	7,25	14%	positivo reducido
38	seguimiento	42,9	5,45	16%	positivo reducido
39	seguimiento	46,85	3,65	18%	positivo reducido
40	seguimiento	49	1,85	18%	positivo reducido

4.31 Evolución de la calidad y rentabilidad del sistema paisajístico

La ilustración, muestra la trayectoria de la línea de impacto paisajístico por las acciones mineras y de reversión del proyecto:



4.32 La trayectoria de los impactos paisajísticos

Como se observa en el gráfico, la evaluación de los impactos paisajísticos producidos por las acciones mineras, y las acciones de reversión natural del paisaje, con un coste cero, solo consiguen la recuperación parcial del sistema paisajístico de la zona<sup>160</sup>. Con la aplicación de medidas adicionales de restauración se consigue el 100% en la recuperación del paisaje de la zona del proyecto minero, lo que significa lograr la rentabilidad sostenida en el sistema paisajístico del proyecto.

En el análisis estadístico, el ratio de recuperación paisajística (RPP) es el resultado de dividir el costo de las medidas restauradoras entre el área del proyecto minero<sup>161</sup>:

$$RPP = 88.470 \$ / 50 \text{ Km}^2 = 1.769 \$/ \text{ Km}^2$$

El costo promedio para la recuperación paisajística de la zona modificada por las actividades mineras equivale a 1.769 dólares por Km<sup>2</sup>, lo que corresponde al impacto paisajístico remanente después de aplicar las acciones de recuperación natural en el paisaje.

Recomendación final:

<sup>160</sup> Consultar la tabla 4.31

<sup>161</sup> Consultar la ilustración 4.14 y la tabla 4.25

El proceso de evaluación de impacto ambiental contempla diversos estudios de impacto por las modificaciones y alteraciones ambientales generadas por las acciones mineras. El estudio realizado, cumple con la normativa paisajística establecida, pero es necesario realizar un estudio técnico adicional de impacto por contaminación química en los suelos y ríos de la zona, con la misma metodología, para completar el procedimiento de evaluación ambiental del proyecto.

## **CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

1. La metodología para el estudio de un paisaje minero se basa en descomponer el proyecto en factores y funciones medioambientales como un sistema paisajístico, y la valoración particular del impacto paisajístico generado en cada factor por el proyecto; que lo define como un método de valoración por impactos. Las fases estratégicas del método de valoración incluyen principalmente: el inventario, diagnóstico, desarrollo, fase preventiva, correctiva, de abandono, restauración y compensatoria del proyecto minero.
2. El proyecto minero, es una idea para realizarla en el tiempo, con objetivos y metas espaciales, compuesto por funciones de uso generadoras de impactos paisajísticos en los factores físicos y socioeconómicos que componen el proyecto.
3. Al presentar, el paisaje, un impacto emergente, directo e inmediato sin valor añadido o reducido posterior debido a las acciones del proyecto minero, la forma más apropiada de valorarlo es mediante indicadores externos de producción y consumo paisajístico, de los factores modificados en el medioambiente.
4. El sistema paisajístico del proyecto minero está compuesto por los elementos exteriores de los factores del medioambiente. Estos son, los factores físicos del suelo, la vegetación, la atmosfera y los factores socioeconómicos de la renta, el empleo y el consumo.
5. Los impactos generados en el sistema paisajístico minero son valorables en el tiempo de actividad, con el objetivo de conseguir la rentabilidad ambiental sostenida del proyecto. Esta rentabilidad ambiental es evaluable con la tecnología de impactos paisajísticos propuesta en esta investigación.
6. La función sinérgica de las alteraciones en los condicionantes del paisaje, en un tiempo determinado, superpone e integra los impactos positivos y los impactos negativos de forma estratégica, y puede generar un resultado beneficioso para el paisaje.
7. La recuperación paisajística consiste en el procedimiento de redención y retorno de los impactos ambientales producidos en el paisaje con el proyecto, a un estado anterior,

sin el proyecto. La reversión paisajista es la acción natural del retorno de los impactos existentes al estado inicial que se encontraba antes de la acción minera ejecutada con la transformación de los activos del paisaje en elementos pasivos paisajísticos mineros.

8. La evaluación estratégica de impacto ambiental equivale a la valoración de impactos en el sistema paisajístico del proyecto minero realizada en la etapa de abandono de la explotación, y define el valor estratégico que será utilizado para el diseño de la recuperación de la zona. El costo por acciones de recuperación del paisaje con medidas restauradoras suponen una inversión adicional de 1.769 dólares por Km<sup>2</sup> para conseguir la recuperación total del paisaje, y la rentabilidad sostenida del sistema paisajístico del proyecto minero.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y LINEAS DE INVESTIGACIÓN

### 5.1 CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Las conclusiones generales se han dividido en los siguientes apartados:

#### DE LA JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1. El trabajo de investigación se adapta a los principios de política medioambiental, planes estratégicos y sostenibilidad, que establece la nueva Ley de Evaluación Ambiental para las actividades económicas en España. El objetivo principal es investigar un modelo evaluativo estratégico del factor de sostenibilidad ambiental de los proyectos productivos que se desarrollan; y evaluar la aplicación práctica del método en la minería; para así, optimizar el proceso de dirección ambiental en los proyectos.
2. Los estudios de impacto ambiental están en una etapa inicial de desarrollo y consolidación, nacen nuevos métodos y teorías para la evaluación de impactos en el desarrollo de las actividades humanas. En la valoración de impactos, es necesario que las unidades utilizadas en el proceso sean homogéneas, y que todos los valores están referenciados a una misma unidad de medida para poder compararlos, analizarlos y evaluarlos correctamente. Esto puede aplicarse en las evaluaciones de los factores ambientales que para resolver un problema ambiental de impactos con datos con distintos indicadores y unidades de medida lo que hace compleja la solución al problema ambiental. Por esto es necesario partir con una premisa inicial, que el indicador utilizado sea homogéneo en todo el proceso de evaluación de los factores ambientales del proyecto, se sugieren indicadores comunes como los monetarios, de energía u otros.
3. El proyecto y su entorno paisajístico tiene componentes espaciales, como la amplitud en las acciones productivas y la persistencia en el tiempo de estas acciones, pueden evaluarse mediante indicadores, y por consiguiente en términos de productividad según las modificaciones en las funciones paisajísticas que se desarrollen en el proyecto, como se propone en la investigación.
4. Los impactos técnicos y económicos de un proyecto son fácilmente identificados porque existen herramientas adecuadas para la solución de estos problemas, pero en la evaluación ambiental los impactos no detectados o no evaluados correctamente son los que su tratamiento y recuperación posterior, es difícil, por su aparición imprevista. Para predecir y prevenir estos impactos ambientales es necesario crear una metodología de evaluación ambiental efectiva como la que se propone con esta investigación, con el fin de evaluar adecuadamente los factores ambientales y valorar eficazmente los impactos producidos.
5. El modelo propuesto en esta investigación para la valoración, evaluación e integración de las características y factores del medioambiente como un recurso único y agrupado

en el sistema paisajístico, puede servir como herramienta de trabajo en la evaluación de impacto ambiental de los proyectos productivos. Además, puede ser utilizada en otros procedimientos administrativos contemplados para dictar las medidas oportunas a la hora de evaluar los impactos visuales presentes en el proyecto, el diseño del proyecto valorando los condicionantes del paisaje existente en la zona, el diseño del paisaje según las características del proyecto o para determinar el método técnico más eficaz en la recuperación del paisaje degradado entre otras aplicaciones.

6. La utilidad tecnológica de los resultados obtenidos y las conclusiones de esta investigación, residen en el progreso alcanzado para la formulación en la evaluación estratégica de impactos paisajísticos en los proyectos; en base al marco legal existente en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental.

#### DEL MODELO DE VALORACIÓN DEL SISTEMA PAISAJISTICO

7. El paisaje es un sistema que lo constituyen todos los elementos del medioambiente que intervienen en él, como la diversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales y el patrimonio cultural entre otros factores integrantes. Se agrupan en un sistema global definido como el sistema paisajístico diseñado en un primer nivel como los factores naturales o permanentes, y como segundo nivel, los factores temporales como la producción y el consumo en todas sus facetas, que lo modifican.
8. El termino *impacto* es la externalización del grado de bienestar que sufre el individuo por una actuación producida. La valoración integral de la acción del proyecto sobre los factores ambientales es el efecto significativo del impacto paisajístico que produce el proyecto en el entorno ambiental, y por consiguiente la alteración del grado de bienestar de los individuos afectados.
9. El paisaje es difícil de valorar y cuantificar, se necesita tener un modelo adecuado para medir los indicadores que intervienen. En los procesos de evaluación de impacto ambiental de los proyectos tienen que valorarse desde un aspecto numérico o monetario para conseguir una evaluación efectiva. El tratamiento más adecuado del paisaje se realiza con la técnica de impactos, denominada técnica de impactos paisajísticos en los proyectos de desarrollo. Sin una valoración numérica del aspecto paisajístico no se puede realizar un análisis estadístico de impactos que sirva para la planificación futura del proyecto y el entorno paisajístico.
10. El paisaje está condicionado por el escenario y por el espectador, ambos elementos tienen que coexistir para realizar una valoración y poder evaluar los cambios o impactos paisajísticos que se suceden con el proyecto. El impacto paisajístico es una actitud sensorial humana, principalmente visual, de bienestar o satisfacción que se sucede en el observador por las modificaciones generadas con el proyecto. El proceso de valoración ambiental del paisaje se realiza, inicialmente, desde el punto de vista del espectador con métodos mayormente subjetivos, y a criterio de este; o hacerlo directamente sobre el escenario, sin el espectador, con métodos más objetivos y realistas como los criterios de necesidad o carencia de los elementos del paisaje que lo conforman, pero de difícil cuantificación y valoración económica.
11. En los Estudios de Impacto Ambiental es necesario la valoración de los proyectos como un sistema paisajístico integrado para aplicar la evaluación estratégica en la predicción

y prevención de los impactos paisajísticos emergentes, dar un correcto tratamiento a los impactos paisajísticos generados, a los recursos ambientales existentes, y la adecuada valoración de los mismos. El resultado de este proceso de diseño no es el retorno del paisaje a un estado original sino proyectar la viabilidad y sostenibilidad del impacto paisajístico producido.

#### DE LA METODOLOGIA DE VALORACIÓN PAISAJÍSTICA

12. El resultado de la evaluación de impacto ambiental del proyecto es la suma de la valoración de los impactos paisajísticos generados en el entorno físico, y de los impactos socioeconómicos creados, englobados en el sistema paisajístico del proyecto.
13. La mecánica de valoración de los impactos existentes en el paisaje consiste en determinar su valor y la característica de continuidad de la alteración producida, en la situación pre operacional y estimaciones futuras de la dinámica del proyecto.
14. La metodología de valoración del paisaje es compleja para evaluar todos y cada uno de los componentes que lo diseñan. Esta investigación, evalúa la pérdida de valor del paisaje por el deterioro, la modificación, la alteración, la introducción o la eliminación de alguno de sus componentes paisajísticos, por alguna acción humana. Esta técnica de evaluación diseña, gráficamente, el perfil longitudinal de la acción desarrollada y del impacto ambiental generado en el tiempo, y facilita su estudio en el tiempo, el análisis y la posibilidad de predecir tendencias futuras con el desarrollo del proyecto, lo que define al elemento paisaje como el ADN del proyecto.
15. El modelo para la evaluación paisajística se compone de las fases:
  - a El análisis técnico del proyecto
  - b El análisis de los condicionantes paisajísticos previos
  - c El diagnóstico del paisaje actual con el proyecto
  - d La evaluación del impacto paisajístico producido
  - e El diseño de las medidas de recuperación ambiental
16. La rentabilidad paisajística de impactos es el grado de bienestar que alcanza el individuo con el entorno medioambiental, durante el tiempo de evolución del proyecto productivo. El grado de bienestar ideal, por lo tanto, la rentabilidad paisajística, es la sostenibilidad del sistema ambiental.

#### DE LA EVALUACIÓN ESTRATEGICA DEL IMPACTO PAISAJÍSTICO

17. El proceso más apropiado para la evaluación de impactos paisajísticos es realizarlo de forma evolutiva en el tiempo, lo que quiere decir hacerlo antes, durante y después del término de las actividades del proyecto, con el fin de prevenir, proyectar y pronosticar las oportunidades y amenazas que se pueden presentar y definir las fortalezas y debilidades paisajísticas. El fundamento del proceso estratégico radica en la evaluación numérica de los elementos que intervienen, de esta forma se consigue una valoración integral de todas las actuaciones que se realizan en el proyecto paisajístico.
18. La evaluación estratégica de impactos paisajísticos es el análisis, la combinación y distribución meritoria de las valoraciones realizadas y de los impactos generados en el tiempo del proyecto por las actuaciones en su fase de explotación y producción, con acciones como tareas que originan el consumo de recursos del paisaje, y acciones de

recuperación del sistema con medidas de reversión paisajística, medidas restauradoras preventivas, correctivas, compensatorias, o de remediación, que transforman en activos valiosos el paisaje degradado. Este proceso de evaluación estratégica e integral de los impactos paisajísticos, se realiza de forma vertical para definir la calidad del factor ambiental, y de forma horizontal en el tiempo con el objetivo de diseñar y conseguir la rentabilidad paisajística sostenida del sistema, en el marco estratégico del proyecto.

19. La evaluación estratégica de los impactos paisajísticos define el grado teórico de bienestar, satisfacción o eficiencia en la gestión del proyecto, y el mejoramiento en:
  - a la localización, ubicación y el tamaño del proyecto
  - b la planificación y coordinación de las actuaciones y acciones del proyecto
  - c el ahorro en inversiones, costos y gastos en el proyecto
  - d el funcionamiento, la explotación y abandono del proyecto
20. Con la aplicación de la evaluación estratégica de impactos en el medioambiente, la eficiencia tecnológica por la utilidad en el proyecto se mide por la minimización de los impactos generados con la distribución estratégica de las acciones productivas del proyecto y las medidas restauradoras a aplicar; para alcanzar el grado de sostenibilidad del sistema ambiental programado en la nueva Ley de evaluación ambiental.

#### DEL PROYECTO PAISAJÍSTICO MINERO

21. Todo proyecto productivo minero va a producir cambios, transformaciones y alteraciones en el paisaje, que deben evaluarse desde el inicio de la actividad. Los paisajes mineros, por su dureza y agresividad, son representativos para medir la variación de este valor paisajístico en el tiempo, su continuidad y la velocidad de transformación del cambio producido por la acción humana, características que otorgan una exclusividad al proceso de evaluación del paisaje.
22. El indicador ideal para valorar un paisaje minero está definido por acciones de pérdida o ganancia de valor en el paisaje, o de producción y consumo paisajístico, expresado en unidades económicas. Las acciones mineras generan un consumo en el paisaje descrito como pasivos paisajísticos mineros, y las acciones de recuperación, de producción de activos paisajísticos. Los impactos paisajísticos producidos por estas acciones, con efecto emergente, ámbito espacial de intensidad y tiempo, y con características de inmediato, es definido matemáticamente con la derivada de la función paisajística del proyecto y diseñan el grado de bienestar o satisfacción experimentado por el observador con la acción.
23. El proyecto paisajístico minero boliviano está definido por las actividades mineras de explotación y las acciones paisajísticas de recuperación, por reversión en el paisaje y por medidas adicionales de restauración, preventivas, correctivas y compensatorias. Las acciones de explotación minera del proyecto generaron un pasivo paisajístico de 2.015.290 dólares, las acciones naturales de reversión paisajística por el abandono de la actividad minera, recuperaron el paisaje por el equivalente de 1.910.650 dólares (94.8%), y las medidas adicionales restauradoras, el equivalente de 88.470 dólares en un ámbito de 50 km<sup>2</sup>; alcanzando, con la implementación de esta actuación en el

tiempo de 4 años, el 100% de la recuperación del paisaje inicial, consiguiendo la rentabilidad sostenida del proyecto paisajístico minero.

## **5.2 LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN**

La actividad investigadora realizada en la tesis de doctorado “La Evaluación Estratégica del Impacto Paisajístico en los Pasivos Mineros y su Rentabilidad Ambiental” plantea nuevas líneas de estudio e investigación, que pueden resumirse en los siguientes apartados:

1. El análisis y formas de presentación de los impactos paisajísticos que se generan por los proyectos productivos, como es la importancia, la manifestación, el carácter, el momento, la forma, el tipo o la recuperación de los impactos producidos; los mecanismos del efecto emergente, la confluencia, globalización, superposición o enmascaramiento de los resultados ambientales. El estudio debe incluir la demostración de estos efectos y las formas de generación de impactos, directa, indirecta, colateral, transfronteriza y otras manifestaciones que genera un proyecto en el medioambiente.
2. El diseño estratégico del proyecto, diseño de alternativas productivas al proyecto y el entorno ambiental, métodos de explotación o producción, la alternativa cero (no hacer nada), diseños de localización, tiempo y tamaño del proyecto para potenciar los impactos beneficiosos y eliminar o minimizar los impactos negativos; estudio y determinación de nuevas funciones, proyectar la línea de impactos, la línea de proyecto, la identificación de proyectos según sus gráficos y líneas, el balance estratégico de impactos y análisis de la rentabilidad ambiental.
3. La mecánica de valoración del impacto paisajístico; la metodología de evaluación y su relación con el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de los factores y efectos ambientales que se producen en el tiempo, como los efectos instantáneos, inmediatos, a corto, medio y largo plazo; temporales y permanentes, originados por las acciones del proyecto.
4. La valoración paisajística de activos mineros con el efecto de la influencia indirecta de paisajes valiosos, y la repercusión en la evaluación ambiental de los impactos paisajísticos del proyecto minero en otras actividades.
5. La elaboración de base de datos, mapas y planos de situación con los Impactos paisajísticos de proyectos mineros, y la utilización de nuevos instrumentos comerciales como el seguro paisajístico en los proyectos productivos. El banco de datos de indicadores paisajísticos.
6. La contabilidad ambiental, la producción y el consumo ambiental, las inversiones directas en medioambiente, costos, beneficios en acciones y factores ambientales en los proyectos. La base de datos de medidas restauradoras y los costos de ejecución.
7. El programa informático para elaboración de indicadores de valoración de impactos paisajísticos en la trayectoria de los proyectos.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

1. ARCE RUIZ, R. La evaluación de impacto ambiental en la encrucijada. Madrid: Ecoiuris, 2002
2. BARREDA CANO, J. Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid: Ra-Ma, 1996
3. BOSQUE SENDRA, J *et. al.* Valoración de los aspectos visuales del paisaje mediante la utilización de un Sig. [pdf]. [Consultado el 15 de noviembre de 2012], de <http://www.geogra.uah.es/joaquin/pdf/calidad-visual-paisaje.pdf>
4. CALZADA JIMENEZ, J. Análisis de la metodología de valoración de los recursos visuales en la minería andina. Logroño: Universidad de La Rioja, memoria de investigación, 2003
5. CALZADA JIMENEZ, J. Evaluación del impacto minero en salud y agro ganadería en Bolivia. Bruselas: CEE-Dirección General I, 1994
6. CALZADA JIMENEZ, J. “La integración del paisaje en los proyectos de ingeniería”. En: XIV Congreso nacional de ingeniería civil del Instituto de la construcción y gerencia. Iquitos: octubre 2003
7. CALZADA JIMENEZ, J. “La evaluación de los impactos visuales en minería”. En: 3er simposio nacional de seguridad minera. Colegio de Ingenieros del Perú, Capítulo de Ingeniería Metalúrgica. Lima: junio 2004
8. CARRETERO PEÑA, A. Aspectos ambientales, identificación y evaluación. Madrid: AENOR ediciones, 2007
9. CEE-Directorate General of Development. Environmental procedures and methodology governing. Bruxelles, 1993
10. C.E.O.T.M.A. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Madrid: M.O.P.T., 1991
11. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Project Cycle Management. Integrated approach and logical framework. Evaluation unit methods and instruments for project cycle managemet. 1ª ed. Brussels, 1993. 67 pg.
12. CONESA FDEZ.-VÍTORA, V. Guía Metodológica para la Evaluación del impacto Ambiental. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2010
13. CONTRERAS LOPÉZ, A. Ciencia y tecnología del medioambiente. Madrid: UNED, 2006
14. CONGRESO-TALLER INTERNACIONAL. COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ. Sistemas de Gestión Ambiental en Pasivos Mineros. Lima: julio 2005.
15. COSTA RICA. SECRETARIA TÉCNICA AMBIENTAL. Procedimientos Ambientales. San José, 1997
16. CHURCHILL RUEL, V. Variable compleja y aplicaciones. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A., 1992
17. DUHEM, P. La teoría Física, su objetivo y su estructura. Barcelona: Herder, D. L., 2003
18. ELÍAS CASTELLS, X. Los residuos mineros. Madrid: Ediciones Díaz de Santos SA., 2012

19. ELÍAS CASTELLS, X. Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad. Madrid: Ediciones Díaz de Santos SA., 2012
20. EL PASIVO AMBIENTAL. Observatorio de la deuda en la globalización [en línea], julio 2002. [consultado el 20 de noviembre de 2012], de [http://www.odg.cat/documents/enprofunditat/Deute\\_ecologic/3\\_pasivos\\_cast.pdf](http://www.odg.cat/documents/enprofunditat/Deute_ecologic/3_pasivos_cast.pdf)
21. ESPAÑA. Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Boletín Oficial del Estado, 11 de diciembre de 2013, núm. 296, páginas 98151 a 98227.
22. ESPAÑA. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente. Banco Público de Indicadores Ambientales (BPIA) [en línea]. [consultado el 16 de marzo del 2013], de <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/informacion-ambiental-indicadores-ambientales/banco-publico-de-indicadores-ambientales-bpia/default.aspx>
23. ESPAÑA. Ministerio de Economía y hacienda. Guía Metodológica para la Evaluación Estratégica Temática de Medio Ambiente [pdf]. [Consultado el 27 de noviembre de 2012], [http://www.dgfc.sggp.meh.es/sitios/dgfc/es-ES/ipr/fcp0713/e/pe/Documents/20090714Gu%C3%ADa\\_Eval\\_Tem%C3%A1tica\\_MA.pdf](http://www.dgfc.sggp.meh.es/sitios/dgfc/es-ES/ipr/fcp0713/e/pe/Documents/20090714Gu%C3%ADa_Eval_Tem%C3%A1tica_MA.pdf), 2009
24. ESPAÑA. Secretaria de Estado de Medioambiente. Una óptima evaluación medioambiental [en línea]. Cinco Días. 12 de diciembre, [Consultado el 12 de diciembre de 2013], de [http://cincodias.com/cincodias/2013/12/11/economia/1386789376\\_128507.html](http://cincodias.com/cincodias/2013/12/11/economia/1386789376_128507.html)
25. EVALUACIÓN PAISAJÍSTICA-PROYECTO MINERO LA LAVA. José A. Calzada (Consultor), 2003. DVD
26. FERNÁNDEZ FERNANDEZ A. Ordenación del territorio y medioambiente. Madrid: UNED, 2011
27. GÓMEZ OREA, D. IMPRO Un modelo informatizado para evaluación de impacto ambiental. Madrid: Editorial Agrícola española SA, 1991
28. GÓMEZ OREA, D. Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid: Editorial Agrícola española SA, 1994
29. GÓMEZ OREA, D. Recuperación de Espacios Degradados. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2004
30. GÓMEZ OREA, D. Evaluación Ambiental Estratégica. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2007
31. GÓMEZ OREA, D. Consultoría e Ingeniería Ambiental. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2007
32. GÓMEZ OREA, D. Ordenación Territorial. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2008
33. Graphamatica para Windows. Ver. 2.2b [Berkeley]: 2013. Programa informático
34. HIGUERAS, P & OYARZUN, R. Restauración y remediación [en línea]. Universidad de Castilla-La Mancha, Minería y Medio Ambiente, n.d. [consultado el 14 de febrero del 2013]. En internet: <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM8.htm>
35. IBARRA BENLLOCH, P. Una propuesta metodológica para el estudio del paisaje integrado (Geographicalia). Universidad de Zaragoza, Departamento de Geografía y Ordenación del territorio, 1993

36. INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. Madrid: Rivadeneira S.A., 1989
37. INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Guía de Restauración de Graveras. Madrid: Ed. ITGE M<sup>o</sup> de Industria y Energía, 1996
38. LA RIOJA. TURISMO, MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA TERRITORIAL. Valoración del Paisaje: fragilidad visual [en línea], n.d. [consultado el 27 de febrero del 2013], En internet: [http://www.larioja.org/upload/documents/455403\\_06\\_valoracion.pdf](http://www.larioja.org/upload/documents/455403_06_valoracion.pdf)
39. LAVILLA RUBIRA, J. Todo sobre el Medio Ambiente. Barcelona: Editorial Praxis, 1996
40. LEOPOLD, L. A Procedure for Evaluation Environmental Impact. Washington: Government Printing Office, 1971
41. LÓPEZ LILLA, A. Valoración del paisaje natural. Madrid: Abada, 2010
42. LÓPEZ YEPES, J. Las tesis doctorales. Madrid: Editorial Fragua, 2005
43. MARCHENA QUISPE, N. Evaluación del paisaje visual, proyecto: cantera gnl 2 y vía de acceso. Lima: informe empresa Walsh, 2005
44. MOLINA RUÍZ, J. "Minimización de impactos ambientales en la minería de la roca ornamental de la región de Murcia". Tesis doctoral. Universidad de Murcia, Departamento de química agrícola, geología y edafología, 2000
45. MORLÁNS, M. Introducción a la Ecología del Paisaje [en línea], Catamarca: Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca, 2005. [consultado el 15 de enero del 2013]. En internet: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/001-Introd-ecologia-del-paisaje.pdf>
46. PALACIOS PLAZA, J. Medición del impacto y la rentabilidad de la formación. Madrid: Ediciones Díaz de Santos SA. 2008
47. PERALES, C. La Nueva Ley de Evaluación Ambiental. Cinco Días [en línea]. 13 de diciembre de 2013, [consultado el 13 de diciembre de 2013]. En internet: [http://cincodias.com/cincodias/2013/12/12/economia/1386859046\\_286987.html](http://cincodias.com/cincodias/2013/12/12/economia/1386859046_286987.html)
48. PEREÑA, J. Dirección y Gestión de Proyectos. Madrid: Ed. Díaz de Santos S.A., 1991
49. PERÚ. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA. En: XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil [CD-ROM]. Windows versión 1.1. Iquitos, 2003
50. PERÚ. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Estudio del impacto visual y paisajístico. Lima: Informe técnico. 2012
51. RIERA, P. Manual de economía ambiental y de los recursos naturales. Madrid: ITES-Paraninfo SA, 2005
52. SEOÁNEZ CALVO, M. Ingeniería medioambiental aplicada a la reconversión industrial y a la restauración de paisajes industriales degradados. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998
53. VALERA, S. *et al.* Psicología Ambiental [en línea], Barcelona: Departamento de psicología social, Universidad de Barcelona, n.d. [consultado el 23 de enero del 2013]. En internet: <http://www.ub.edu/dppss/psicamb/>
54. VERGARA GONZÁLEZ, E. Integración ambiental y gestión de riesgos laborales. Logroño: Universidad de la Rioja, Programa de doctorado interuniversitario en dirección de proyectos, 2002

## ANEXO I

## **LA INTEGRACIÓN DEL PAISAJE EN LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA**

### **Autores:**

**José A. Calzada Jiménez, Eliseo Vergara Gonzáles, Joaquín Ordieres Meré**  
**Universidad de La Rioja, C/. Luis de Ulloa 20, 26004-Logroño, La Rioja, España**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La diferencia en los contenidos del paisaje, las formas complejas de la manifestación paisajística en distintos puntos geográficos, la variedad de proyectos de ingeniería que pueden generar alteraciones en el medioambiente, son algunas pautas que condicionan y dificultan un proceso de valoración de los recursos visuales existentes en el paisaje local, al tener que adecuar el método tradicional de valoración a las características particulares del proyecto.

Los requerimientos para este proceso, función de las condiciones locales, como la forma de vida, nivel socioeconómico y cultural, aspectos del paisaje y otros condicionantes más formales como la legislación local o la distribución de la renta en la población, engloban muchas variables de complejo tratamiento para un estudio completo del paisaje, con una técnica de valoración tradicional. Estos factores reúnen las condiciones para buscar un método alternativo a este proceso, conservando las características principales de los métodos de valoración de los recursos visuales. El fundamento de este modelo empírico, es la valoración ambiental de los recursos visuales existentes en el sistema local del proyecto (Ref. 1).

El modelo para la valoración paisajística del proyecto se compone de cinco fases secuenciales:

1. El análisis del medio físico del proyecto
2. El análisis de los condicionantes del paisaje previo
3. El diagnóstico general del paisaje actual
4. La evaluación del impacto en el paisaje
5. El diseño del plan de medidas correctoras

Los resultados del proceso de valoración sirven para definir y aplicar un programa de medidas correctoras sobre el proyecto, e integrarlo al paisaje local; o diseñar un paisaje de acuerdo a las condiciones particulares del proyecto, conservando las pautas básicas medioambientales.

### **2. METODOLOGÍA**

#### **2.1 LA DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO DEL PROYECTO**

El objetivo que se pretende conseguir en esta fase es obtener la información que permita la descripción y tipificación detallada de los componentes físicos, de las necesidades y requerimientos del proyecto, de las características visuales de las instalaciones y de las actividades relacionadas con la temática del paisaje local.

Información requerida para el análisis del medio físico del proyecto:

- Antecedentes de la actividad minera (proyecto)
- Identificación y descripción de la problemática ambiental
- Descripción y justificación del proyecto

- Datos de localización, área, altitud, extensión, orientación y tamaño
- Datos generales del proyecto minero y del requerimiento de servicios
- Descripción del equipo utilizado en el proceso minero
- Descripción de las instalaciones mineras
- Descripción detallada del proceso minero/metalúrgico.
- Descripción detallada del consumo de agua, energía, luz y otros.
- Descripción detallada de los efluentes, relaves, escorias y material de deshecho

Información requerida para la tipificación y caracterización del medio físico (paisaje)

- Las referencias medioambientales de la zona
- Datos de localización, ubicación y zonificación del área
- Descripción del sistema geográfico. Se deben incluir datos de altitud, pendientes, hundimientos y profundidades
- Descripción topográfica de la zona
- Descripción de la geología y mineralogía de la zona
- Descripción de hidrogeología e hidrología superficial
- Datos de temperatura y clima (en el periodo anual)
- Descripción de la fauna y flora en la zona. Información de especies existentes, abundancia, cubierta vegetal, estratos y otros
- Aspectos climáticos: lluvia, viento y temperatura
- Aguas superficiales y subterráneas, volumen, patrón de drenaje y otros
- Descripción de los aspectos socioeconómicos, turísticos y ecológicos
- Núcleos de población próximos. Descripción de las actividades
- Trafico por vías próximas (accesos, frecuencia y otros)
- Infraestructuras (camino, postas medicas, estacionamiento, ferrocarril)
- Usos del suelo (actividad agraria, ganadera, industrial, minera, forestal)
- Datos históricos, arquitectónicos, monumentos, restos arqueológicos, cementerios
- Actividades económicas dominantes y potenciales
- Datos de migración de las poblaciones
- Referencias de la producción industrial
- Referencias del consumo ambiental

Toda esta información se presenta acompañada de diagramas, planos y balances de proceso.

## 2.2 EL DIAGNÓSTICO DEL PAISAJE PREVIO

Con este procedimiento se consigue relacionar la información del proyecto minero, las actividades que se desarrollan en la actualidad o se desarrollarán en el futuro, las características visuales de las instalaciones y la descripción global del paisaje previo.

Es importante proceder al ordenamiento de los recursos visuales de la zona en unidades naturales del paisaje. Además se debe incluir información de los componentes del medio natural, socioeconómico y paisajístico de la zona.

El documento de síntesis del diagnóstico del paisaje previo debe contener:

- Definición de la calidad de los elementos visuales de la zona

- Definición de la fragilidad paisajista de la zona
- Los factores perceptivos más importantes a considerar
- Los factores histórico culturales existentes
- La aptitud de absorción del proyecto
- La capacidad de respuesta del medio físico
- La accesividad a la observación de la zona (potencial y visual)
- Los factores biofísicos: densidad de vegetación, estacionalidad de la vegetación, enmascaramiento, contraste cromático, pendientes, zonas de sombra, alargamiento de formas entre otros factores
- Los factores de visualización de la zona (tamaño y forma de cuenca)
- Definición del alcance de las vistas (distancias, altura)
- Análisis de la pérdida de nitidez en las vistas
- Definición de ángulos de incidencia visual
- Definición de la intrusión visual
- Definición del contraste visual
- Definición de la dominancia visual

Este documento de síntesis contiene el diagnóstico del paisaje realizado "sin el proyecto"; debe incluir todas las matizaciones y apreciaciones técnicas detectadas por el equipo de trabajo. Además, debe acompañarse de fotos y planos que den más relevancia a la presentación del informe.

### **2.3 EL ANÁLISIS GENERAL DEL PAISAJE ACTUAL**

El objetivo de este análisis es integrar la información ambiental, socioeconómica y paisajística del área donde se desarrolla el proyecto con el análisis global del medio físico. Así, obtendremos un diagnóstico real del paisaje local actual.

Este proceso de diagnóstico global debe ser realizado por un equipo de expertos en valoración de proyectos y la ayuda de programas informáticos especializados, con la finalidad de obtener las técnicas apropiadas de valoración y los resultados adecuados para la integración del proyecto y sus características al entorno del paisaje local.

Es importante fijar los límites del área a analizar, los límites de la cuenca visual minera, las cuencas visuales (principal y secundarias), y de los observadores potenciales en el mapa temático.

El análisis general del paisaje incluye:

- Análisis global de la información y valoración del paisaje de la zona
- Situación comparativa de las unidades naturales de paisaje local y regional
- Estado real del paisaje de la zona, incluyendo análisis de sensibilidad, capacidad de absorción de la actividad minera, homogeneidad, entre otros
- Plano de la cuenca visual (recomendable escala 1:200)
- Definición de los elementos generadores de impacto visual
- Definición de los elementos impactados (receptores)
- Determinación de los condicionantes del paisaje
- Referencias al factor de ajuste en los condicionantes del paisaje

Se elabora un informe del análisis del paisaje "con el proyecto", incluyendo las recomendaciones y matizaciones oportunas. Este documento técnico será útil para valorar los impactos más significativos del proyecto en el paisaje.

## 2.4 LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO PAISAJÍSTICO DEL PROYECTO

Una vez identificadas las acciones impactantes del proyecto y los factores del paisaje que potencialmente pueden ser vulnerables a estas alteraciones, se dibuja la matriz de importancia, que permitirá tener una valoración cualitativa de los efectos producidos.

En esta fase de evaluación de los impactos paisajísticos, se cruzan las informaciones obtenidas anteriormente con el fin de prever las incidencias en el paisaje derivadas de la ejecución del proyecto. Una vez identificadas las posibles alteraciones y asignado un determinado valor a cada acción, se procede a definir el nivel de importancia de los impactos del proyecto. Es preciso adicionar comentarios incluyendo un análisis de valoración técnica de los factores más importantes, justificando porque merecen una determinada valoración.

La importancia del impacto en el paisaje ( $I_p$ ) es la magnitud del efecto sobre los principales condicionantes de valor del paisaje: natural, socioeconómico, cultural, turístico y ecológico, y su valoración está representada por una letra o un valor numérico, que es calculado en función a la formulación de las variables asignadas.

$$I_p = S [I+E+M+P+R]$$

Los valores del impacto ( $I_p$ ) vienen representados por una magnitud de signo ( $S$ ), de la intensidad con la que se produce ( $I$ ), de la extensión ( $E$ ), del tiempo de aparición ( $M$ ), de la permanencia del efecto ( $P$ ) y la reconstrucción del factor impactado ( $R$ ).

Los códigos de valor propuestos son los siguientes:

Valor	Signo	Intensidad	Extensión	Momento	permanencia	Reversibilidad
0	+/-	Nula	Sin fluencia	Sin tiempo	Nula	Instantánea
1	+/-	Baja	Puntual	Largo plazo	Fugaz	Corto plazo
2	+/-	media	Parcial	Medio plazo	Rápida	Medio plazo
4	+/-	Alta	Extenso	Corto plazo	Temporal	Largo plazo
8	+/-	Muy alta	Global	Muy corto	Constante	Largo plazo
16	+/-	total	Total	Al instante	Permanente	Irrecuperable

Es importante resumir la información de la evaluación en un documento de síntesis que servirá para diseñar el programa de medidas correctoras sobre el paisaje del proyecto.

En el caso de la valoración cuantitativa es necesario tener una fórmula que represente claramente la magnitud total del efecto impactante y los códigos de valor, que previamente hayan sido aceptados por el equipo evaluador del proyecto. Los resultados numéricos dependen de la forma de cálculo y de los valores asignados.

En la aplicación del modelo es recomendable introducir un factor de ajuste de la calidad del paisaje sobre las condiciones ambientales reales en el momento de realizar el proceso de valoración de los componentes analizados.

## **2.5 EL DISEÑO DEL PROGRAMA DE MEDIDAS CORRECTORAS EN EL PROYECTO**

La interpretación y valoración de los resultados en el impacto en los componentes del paisaje servirán para diseñar un plan de medidas correctoras e integradoras del proyecto minero en el paisaje. Este programa de medidas puede contemplar acciones correctoras, de prevención o de mitigación, en los componentes del paisaje alterado por las acciones del proyecto. Los impactos definidos como irrecuperables imposibilitan la introducción al proyecto de ningún tipo de medidas correctoras.

Un esquema básico del programa de medidas correctoras puede ser el siguiente:

<b>ACCION IMPACTANTE DEL PROYECTO</b>	<b>FACTOR PAISAJISTICO AFECTADO</b>	<b>MEDIDA CORRECTORA INTRODUCIDA</b>	<b>TIEMPO DE APLICACIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Acción 1				
Acción 2				
Acción 3				

Además, esta información puede ser utilizada para realizar una valoración económica del programa de medidas correctoras del proyecto, control de tiempos del programa o un documento gráfico de síntesis de las medidas, entre otros estudios.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El estudio del paisaje, de las técnicas de procesamiento de la información y de su aplicación en el proyecto, plantea la posibilidad de obtener varios tipos específicos de resultados mediante el análisis y la forma de tratamiento de la información, en la valoración de los recursos visuales de los proyectos mineros.

Así se pueden obtener las siguientes valoraciones:

- De la calidad del paisaje
- De la fragilidad del paisaje
- De las alteraciones del paisaje
- Del impacto paisajístico en los proyectos
- Del diseño de programas de recuperación de paisajes
- Del diseño de planes de medidas correctoras del paisaje

Para la aplicación de este modelo de valoración, evaluación e integración del paisaje al proyecto, se tienen en cuenta los siguientes condicionantes:

- Que el tratamiento de la información este referida a condiciones locales del proyecto
- Que el recurso ambiental más importante a valorar sea el recurso paisajístico
- Que el modelo este adaptado a las condiciones locales del proyecto

Las distintas formas de valoración del paisaje son imprescindibles para elaborar informes y documentos de síntesis necesarios en el proyecto.

### 3.1 LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE EVALUACIÓN EN EL PROYECTO

La aplicación de esta técnica de evaluación paisajística la realizaremos sobre un proyecto minero ubicado en el altiplano boliviano, a 52 kilómetros de la ciudad de Potosí, provincia de José M<sup>a</sup> Linares, en la cuenca La Lava; donde operan las empresas mineras Andacaba y Kumurana (Ref. 2).

La contaminación en el paisaje andino se presenta por:

- Existencia de sólidos minerales en suspensión en el agua de río
- Existencia de metales pesados en solución en el agua y la tierra
- Existencia de compuestos químicos en disolución
- Alta acidez del agua de río

Por mucho tiempo, esta zona, ha estado influida por actividades contaminantes de los tratamientos minero-metalúrgicos que desarrollan estas empresas, y por otros complejos mineros abandonados.

### 3.2 EL DIAGNÓSTICO DEL PAISAJE PREVIO

La síntesis del diagnóstico del paisaje de la cuenca es el siguiente:

El paisaje minero esta definido por componentes naturales como la fauna, el suelo, o la vegetación autóctona, cubre el afloramiento rocoso y mineralógico. La zona esta surcada por el río La Lava que riega los campos agrícolas de la zona, predominando los cultivos de patatas y lechuga. La actividad humana se desarrolla exclusivamente en la agricultura y minería, con presencia de pequeñas edificaciones rústicas construidas de material de barro y caña.

Los factores estéticos que definen el paisaje están relacionados con las características visuales. La escala se presenta distorsionada ya que la monumentalidad de los relaves de mineral, contrastan con la armonía natural de cerros y lagunas presente. Los colores, poco vistosos, predominando el verde intenso y ocre de la tierra combinado con el verde pálido de los cursos de agua, son alterados por un color blanco espumoso procedente del proceso de flotación del mineral.

Las formas presentes caracterizadas por una geometría compacta en el caso de la mina Kumurana contrastan con los espacios abiertos, montañosos y de escasa densidad en materia vegetal natural de la zona agrícola y de viviendas con una poca regularidad en los espacios del valle.

La calidad de los contenidos en general es mediana. El alto valor geológico de la zona contrasta con el escaso valor sociocultural que presenta. Los ecosistemas presentes de poco valor ecológico pero suficiente para una positiva valoración, proporcionan un termino positivo a la hora de evaluar la calidad ambiental en general. No se aprecia contenido cultural alguno en los contenidos del paisaje.

La calidad visual del paisaje es pobre, carece de distintos puntos panorámicos de apreciar el valle, a pesar de tener gran amplitud de visión. La causa es la falta de puntos de visión por la llanura del territorio y la falta de infraestructura viaria. La zona minera es donde existen puntos panorámicos, cosa que es negativa para apreciar el paisaje de la zona.

La calidad estética presenta gran regularidad del paisaje con poco contraste visual teniendo en cuenta que la zona minera es poco visible al espectador, de difícil acceso y con una superficie relativamente pequeña de actuación con relación a la zona publica del valle en general. Se puede decir salvo en la zona minera existe una armonía del paisaje en general.

El tamaño de la cuenca visual o la superficie del terreno definida en parámetros de visibilidad es amplia y las condiciones atmosféricas que se presentan a lo largo del año generalmente son buenas con poca nubosidad y escasa lluvia, para un radio visual aproximado de 3.000 metros. La carencia de puntos de altitud a lo largo del valle de La Lava hace que la cuenca visual esté limitada a un territorio plano, solo reducida por la escasa vegetación arbórea y otras características geográficas como las montañas.

El paisaje del valle de La Lava no se ve alterado mayormente en sus contenidos. Solo se produce una modificación de los elementos básicos, como el color del río y la forma de la línea montañosa que rodea la zona minera, por la actividad metalúrgica desarrollada. La poca fragilidad de los contenidos no incide en de forma general en las pautas de visibilidad de la zona.

### **3.3 EL ANÁLISIS GENERAL DEL PAISAJE ACTUAL**

En la evaluación preliminar del proyecto minero se verifica la existencia de importantes efectos impactantes (informe):

1. Degradación del paisaje local por la contaminación de las aguas de los ríos de la zona
2. Degradación y ausencia de vida en el hábitat de los ríos de la zona excepto la existencia de algas.
3. Deterioro por el grado de contaminación de los suelos de la región, desertización y falta de materia orgánica para producir cultivos.
4. Ausencia de aves y poca presencia de ganado vacuno y ovino.
5. Ausencia generalizada de cultivos en la zona alta, y dificultad en la plantación de nuevos cultivos en la zona colindante con el río La Lava.
6. Deterioro del paisaje de la zona por una presencia limitada de vegetación y de fauna autóctona.
7. Incremento de migración hacia otras zonas por ausencia de actividad cultural.
8. Decremento de la producción agroganadera de la región.
9. Ausencia de turismo en la zona.

### **3.4 LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO PAISAJÍSTICO SOBRE EL PROYECTO**

En el procedimiento de valoración del paisaje se ha tenido en cuenta los condicionantes de valor más importantes que pueden ser alterados por las acciones del proyecto minero, como son el valor natural, socioeconómico, cultural, turístico y ecológico. En la matriz, los datos numéricos de las acciones impactantes como del factor de ajuste son referenciales, y están ajustados a un paisaje pobre.

La matriz de evaluación paisajística del proyecto:

Acciones del proyecto	Condicionantes del paisaje					
	Natural	Socioeconómico	Cultural	Turístico	Ecológico	total

<b>Construcción de carreteras y senderos</b>	<b>-21</b>	<b>+28</b>	<b>0</b>	<b>+16</b>	<b>0</b>	<b>+23</b>
<b>Construcción de la planta/fabrica</b>	<b>-23</b>	<b>+10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-13</b>
<b>Construcción de tubería vertidos</b>	<b>- 66</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-19</b>	<b>0</b>	<b>-85</b>
<b>Procesamiento del mineral</b>	<b>-52</b>	<b>+11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-19</b>	<b>-60</b>
<b>Zona de relaves almacenamiento</b>	<b>-58</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-42</b>	<b>-72</b>	<b>-172</b>
<b>Factor de ajuste</b>	<b>10%</b>					
<b>TOTAL</b>	<b>-22</b>	<b>+4.9</b>	<b>0</b>	<b>-4.5</b>	<b>-9.1</b>	

El factor de ajuste (10%) indica que el paisaje analizado posee condicionantes de poco valor; esto reduce en gran medida, la valoración de las acciones del proyecto asignado anteriormente.

El resultado de esta valoración paisajística: el proyecto minero representa un impacto significativo importante para el valor natural del paisaje.

### 3.5 EL DISEÑO DEL PLAN DE MEDIDAS CORRECTORAS EN EL PROYECTO

La matriz conteniendo el programa de medidas correctoras del proyecto:

<b>ACCION IMPACTANTE DEL PROYECTO</b>	<b>FACTOR PAISAJISTICO AFECTADO</b>	<b>MEDIDA CORRECTORA INTRODUCIDA</b>	<b>TIEMPO DE APLICACIÓN</b>
Vertido contaminante (escombreras)	Rio kumurana (Natural)	Planta de tratamiento de aguas con cal	permanente
Vertido contaminante (escombreras)	Rio Andacaba (Natural)	Planta de tratamiento de aguas con cal	permanente
Introducción de reactivos químicos	Rio Joyaquilla (Natural)	Piscina de plantas de totora	2 años
Vertidos contaminantes	Campos de cultivo (Socioeconómico)	Estudio y monitoreo en ríos y campos	permanente
Actividad minera	Agua del río (Socioeconómico)	Pozos de agua subterránea	permanente
Vertidos, escombreras e instalaciones mineras	Turismo (Turístico)	Pantallas vegetales, repoblamiento	permanente
Ruidos y contaminación de agua y suelos	Ganado (Socioeconómico)	Introducción de repoblamiento animal	1 año
	Cultural	Introducción de actividades culturales	2 años
	Institucional	Creación de un soporte oficial (ecológico)	permanente

El programa de medidas correctoras debe ser diseñado por el equipo evaluador del proyecto teniendo en consideración los informes técnicos y los documentos de síntesis realizados en las fases anteriores. Como documento final puede presentarse un prototipo gráfico conteniendo estas medidas correctoras al paisaje del proyecto.

### 4. CONCLUSIONES

El modelo propuesto para la valoración, evaluación e integración del proyecto minero al paisaje andino, puede servir como una herramienta de trabajo en el tratamiento de la información del recurso paisajístico en la evaluación de impacto ambiental del proyecto minero. Además, esta herramienta, puede ser utilizada en otros procedimientos administrativos contemplados en la legislación peruana; para dictar las medidas correctoras oportunas a la hora de evaluar los impactos visuales presentes en el proyecto, el diseño del proyecto valorando los condicionantes del paisaje existente en la zona, el diseño del paisaje según las características del proyecto o para determinar el método técnico más eficaz en la recuperación del paisaje degradado entre otras aplicaciones.

Hoy en día, la planificación de las ciudades pasa por un correcto tratamiento de los recursos naturales existentes y de una adecuada valoración de los mismos a la hora de tomar decisiones para el futuro.

### REFERENCIAS:

1. CALZADA JIMÉNEZ, J.A. "Análisis de la Metodología de Valoración de los Recursos Visuales en la Minería Andina", Universidad de La Rioja. Memoria de Investigación. La Rioja. España. 2003
2. CALZADA JIMÉNEZ, J.A."Evaluación de Impactos Minero-metalúrgicos" Universidad de Lima. Tesis profesional. Lima. 1997