



## Determinación de la calidad para la conservación de áreas impactadas por la minería en la zona de San Agustín, provincia de Córdoba, Argentina

### Determination of quality for conservation of areas impacted by mining in San Agustín zone, Córdoba, Argentina

Quintana Crespo, Enrique <sup>1,2</sup> ✉ - Navarro, María Elena <sup>2</sup>

Recibido: 15 de mayo de 2015 • Aceptado: 25 de noviembre de 2015

#### Resumen

*El área de influencia de la localidad de San Agustín, en la Provincia de Córdoba, comprende llanuras de uso fundamentalmente agropecuario, y montañas en las que se registran actividades de ganadería y minería. Su ubicación a menos de ochenta kilómetros de la ciudad de Córdoba, le viene generando además una fuerte presión demográfica.*

*Con el objetivo de determinar la calidad para la conservación y definir los usos más adecuados del suelo en la zona de estudio, se aplicó una metodología desarrollada por Centeno (Centeno et al., 1994), que fuera utilizada para la confección del Mapa Geocientífico de la Provincia de Valencia (Cendrero, 1986), y el Plan General de Ordenación Urbana de Ador (Adhara, 2008) en la Comunidad Valenciana, entre otros planes de desarrollo regional.*

*La metodología se basa en la definición de unidades con diversos grados de calidad y se toma como punto de partida el análisis geomorfológico. De esa manera se definieron las siguientes unidades: Unidad Geomorfológica 1: Plataforma Basculada; Unidad Geomorfológica UG2: Depresión Periférica; Unidad Geomorfológica UG3: Piedemonte Serrano; Unidad Geomorfológica UG4: Montañas.*

*En cada una de las unidades se determinaron las condiciones geológicas, del agua superficial y subterránea, suelos, vegetación y paisaje, a fin de efectuar una categorización que permita establecer su valor para la conservación.*

*Una vez efectuada la categorización, se analizó el impacto ambiental de una de las canteras existentes en la zona de estudio, determinándose que el mismo era fundamentalmente de tipo paisajístico.*

*Como conclusión del estudio se efectúan una serie de consideraciones atinentes a la remediación paisajística de los frentes de canteras que afectan a las zonas de mayor calidad para la conservación.*

**Palabras Clave:** *calidad para la conservación - geomorfología - minería.*

1. Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

2. Dirección de Posgrado, Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Argentina.

✉ equintr@yahoo.com

## Abstract

The area of influence of the town of San Agustín, in the Province of Córdoba, comprising mainly agricultural use plains, and mountains where animal breeding and mining activities are developed. Its location within eighty kilometers of the city of Córdoba is also generating strong demographic pressure.

In order to determine the quality for conservation and define the most appropriate land uses in the study area a methodology developed by Centeno has been applied (Centeno et al., 1994). The same methodology has been used to prepare the Geoscientific Map of the Province of Valencia (Cendrero, 1986), the Land Use Planning of Ador (Adhara, 2008), in Valencia, and also another regional development plans.

The methodology is based on the definition of units with several degrees of quality and takes as its starting point the geomorphological analysis. The following units were defined: Geomorphologic Unit 1: Tilted Platform; Geomorphologic Unit 2: Peripheral Depression; Geomorphologic Unit 3: Piedmont; Geomorphologic Unit 4: Mountains.

Geological conditions, surface and ground water, soil, vegetation and landscape, were defined at each unit, to make a categorization system which permits that the conservation value of each one were determined.

Once the categorization was done, the environmental impact of existing quarries in the study area was established, and the landscape alteration was defined as the more important one.

As conclusions, a number of considerations were made, to generate the landscape remediation of the quarry fronts that were affecting areas of the best quality for conservation.

**Keywords:** quality for conservation - geomorphology - mining.

## INTRODUCCIÓN

El área de influencia de la localidad de San Agustín, en la Provincia de Córdoba, comprende llanuras de uso fundamentalmente agropecuario, y montañas en las que se registran actividades de ganadería y de minería de rocas calcáreas. Figura 1.

El concepto de Calidad para la Conservación se basa en la definición del término “calidad” de la Real Academia Española, que habla de la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que los restantes de su especie. Es decir que el análisis de los distintos elementos naturales presentes en cada una

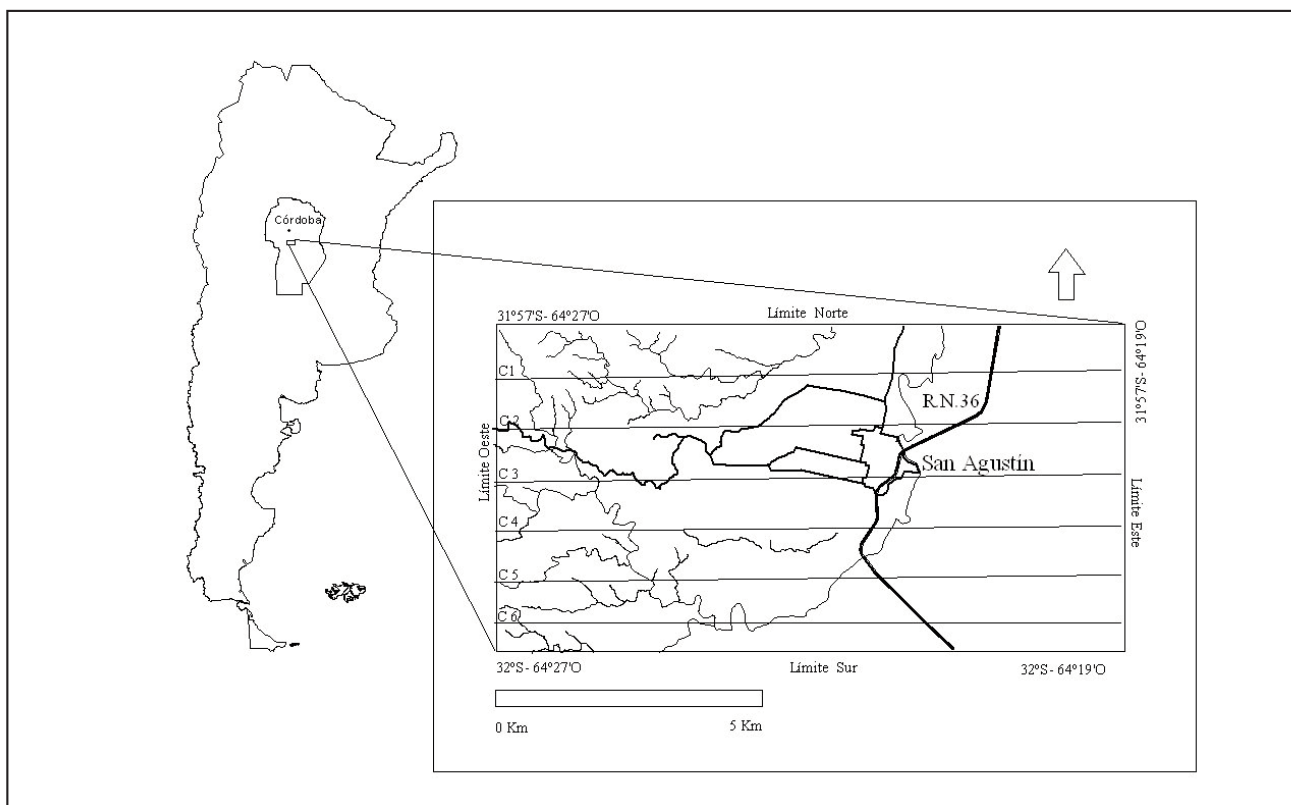


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

de las unidades delimitadas, tales como aguas superficiales y subterráneas, macizos rocosos, suelos, vegetación, y paisaje, puede determinar su calidad para la conservación.

El criterio de zonificación utilizado ha sido esencialmente geomorfológico, teniendo en cuenta que una geoforma es el resultado de un proceso constitutivo, y que los materiales que forman el subsuelo también provienen de ese mismo proceso.

En la zona de estudio se encuentran presentes las grandes unidades geomorfológicas definidas por *Capitanelli (1979)*, que fueron utilizadas como esquema regional, y subdivididas en función de la información específica del área de estudio.

Las herramientas para el análisis de tipo regional han sido las imágenes y los perfiles topográficos de Google Earth mediante los cuales se han definido las características del relieve, relacionadas con las pendientes: orientación, longitud, gradiente, etc., e identificando de esa forma a las principales geoformas.

## ANTECEDENTES

Los trabajos llevados a cabo en la zona de San Agustín, forman parte de la tesis de Magister en Ingeniería Ambiental de *Navarro (2005)* y han seguido los criterios que fueran establecidos para la confección del Mapa Geocientífico de la Provincia de Valencia, (*Cendrero, et al., 1986*) y posteriormente tomados como base para diversos modelos de ordenamiento territorial, tal como el Plan General de Ordenación Urbana del Municipio de Ador (*Adhara, 2008*), el Nuevo Plan General de Ordenación Urbanística del Ayuntamiento de Peñíscola en la Generalitat Valenciana (2005). La metodología de determinación de la Calidad para la Conservación se encuentra desarrollada en *Centeno et al., (1994)*.

*Romero et al., (2004)* utilizaron esta metodología para desarrollar un trabajo de diagnóstico de calidad para la conservación de espacios agrícolas abancalados (aterrazados), en la

parte media y baja de la cuenca del Guinguada en Gran Canaria (Islas Canarias).

En el país vecino de Chile, *Ferrando y De Luca (2011)* aplicaron una metodología similar en el sistema hidrológico inferior del Río Mapocho, con un reconocimiento geomorfológico y paisajístico que permitió establecer los procesos que lideran la evolución del modelado de las formas naturales.

## OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo es la obtención de un esquema en el cual distintas unidades territoriales del entorno de la ciudad de San Agustín, puedan ser evaluadas de una manera integral en cuanto a su Calidad para la Conservación y su afectación por las actividades extractivas que se desarrollan en el área.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

El método utilizado parte del análisis del relieve en su conjunto, para la delimitación de zonas homogéneas en cuanto a la forma de las pendientes y el conjunto de características que de allí se desprenden.

### Análisis Geomorfológico

Las principales unidades geomorfológicas fueron definidas en el área mediante la realización de cortes transversales, efectuados en sentido Este-Oeste, de modo tal de cortar las principales estructuras regionales que presentan desarrollo Norte-Sur. Mediante la herramienta de Google Earth se realizaron ocho cortes identificados como Límite Norte (LN), Límite Sur (LS) y Corte 1 (C1) a Corte 6 (C6), cuya ubicación se muestra en la Figura 2.

En base a la información obtenida de los cortes, y al relevamiento de campo se definieron las principales unidades geomorfológicas (Figura 3).

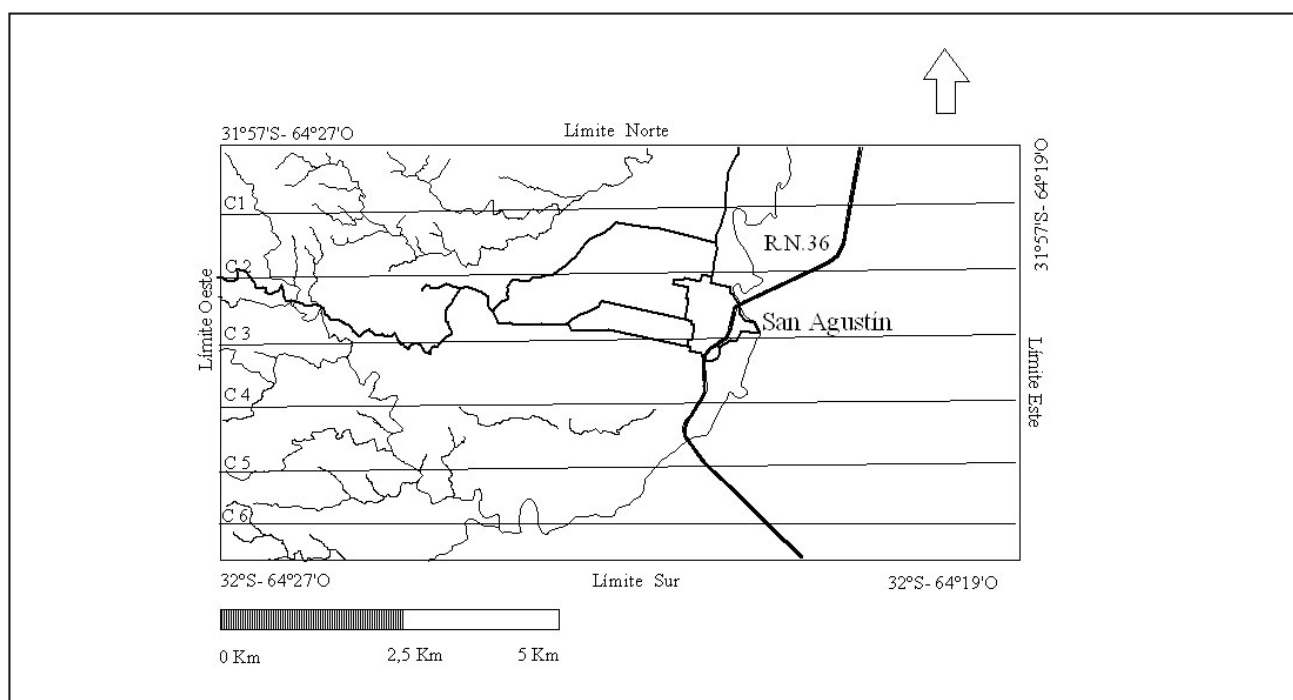


Figura 2. Ubicación de los cortes transversales C1 a C6.

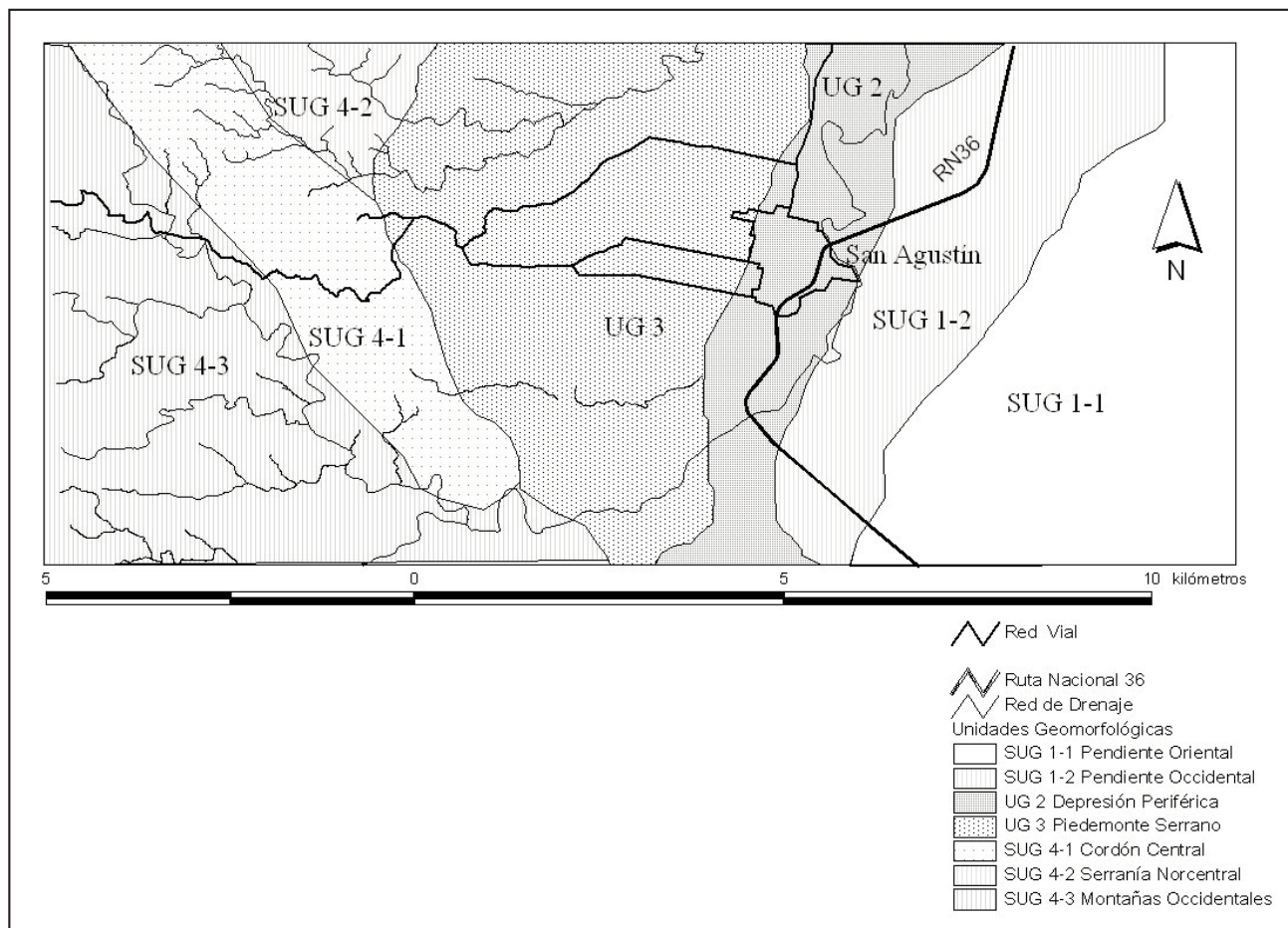


Figura 3. Principales unidades y subunidades geomorfológicas definidas en el área de estudio.

**Unidad Geomorfológica UG1 (Plataforma Basculada):** constituye un bloque del antiguo basamento cristalino, separado de la montaña a lo largo de una falla longitudinal correspondiente al abrupto de Sierras Chicas. Mediante la geomorfología cuantitativa se han podido diferenciar dos subunidades: **Subunidad Geomorfológica SUG1-1 (Pendiente oriental):** corresponde a la basculación del bloque hacia el Este. El cálculos correspondiente a la Geomorfología Cuantitativa, se muestra

en la Tabla 1 y en forma resumida, junto a las otras unidades en la Tabla 2.

**Subunidad Geomorfológica SUG 1-2 (Pendiente occidental)** corresponde a la pendiente occidental de la Plataforma Basculada. Figura 3. Se inicia en la divisoria de aguas correspondiente al límite con la SUG 1-1 hasta la Depresión Periférica. Los valores obtenidos en forma similar a la SUG1-1, se muestran resumidos en la Tabla 2.

Tabla 1. Análisis geomorfológico cuantitativo de la SUG 1-1.

Corte	Altura snm		Longitud			Desnivel	Gradiente %	
	Máx	Mín	Desde	Hasta	m		Medio	Máx
LN	570	562	12900	14000	1100	8	0,73	4,3
C1	573	555	12900	13900	1000	18	1,80	5,4
C2	565	553	11800	13800	2000	12	0,60	3,0
C3	578	559	11200	13700	2500	19	0,76	4,6
C4	579	544	10400	13700	3300	35	1,06	3,2
C5	586	557	9540	13600	4060	29	0,71	3,9
C6	593	553	9260	13500	4240	40	0,94	4,6
LS	601	555	9140	13600	4460	46	1,03	4,2
<b>Promedio</b>	<b>581</b>	<b>555</b>	<b>10893</b>	<b>13725</b>	<b>2833</b>	<b>26</b>	<b>1,0</b>	<b>4,2</b>
DE	12	5	1549	167	1390	14	0,4	0,8

**Tabla 2. Análisis geomorfológico cuantitativo resumen de las unidades geomorfológicas.**

UG	Altura snm		Longitud			Desnivel m	Gradiente %	
	Máx	Mín	Desde	Hasta	m		Medio	Máx
<b>SUG 1-1</b>								
Promedio	581	555	10893	13725	2833	26	1,0	4,2
DE	12	5	1549	167	1390	14	0,4	0,8
<b>SUG 1-2</b>								
Promedio	580	558	10878	9241	1636	22	1,5	4,7
DE	12	19	1533	916	813	10	0,7	1,0
<b>UG 2</b>								
Promedio	562	557	8049	9046	1383	6	0,5	4,9
DE	24	20	952	958	513	5	0,3	1,6
<b>UG3</b>								
Promedio	657	562	4849	7856	3008	95	3,4	10,3
DE	20	25	955	695	1543	40	0,7	2,5
<b>SUG4-1</b>								
Promedio	815	701	2531	3512	1277	115	8,9	23,3
DE	101	59	1420	1014	304	66	5,3	7,8
<b>SUG4-2</b>								
Promedio	796	658	2985	4305	1320	138	12,1	32,5
DE	47	1	573	332	905	45	4,9	4,9
<b>SUG4-3</b>								
Promedio	889	724	109	3054	2945	165	7,3	10,3
DE	27	93	177	2238	2315	85	2,7	2,5

**Unidad Geomorfológica UG2 (Depresión Periférica):** depresión larga y estrecha, ubicada entre la zona de piedemonte y la Plataforma Basculada, cuyo fondo chato se encuentra ocupado por sedimentos modernos. Figura 3. Tabla 2.

**Unidad Geomorfológica UG3 (Piedemonte Serrano):** transición gradual entre la Depresión Periférica y la zona de montañas. Superficie ondulada, con inclinación hacia el Este, conformada por sedimentos coluvionales provenientes de las zonas escarpadas. Figura 3. Tabla 2.

**Unidad Geomorfológica UG4 (Montañas):** zona de montaña correspondiente al cordón de Sierras Chicas de las Sierras Pampeanas. Figura 3.

**Subunidad Geomorfológica SUG4-1 (Cordón central):** cordón con orientación noroeste – sureste con altura máxima en el sector norte, donde llega a los 948 m. s.n.m. Figura 3. Tabla 2.

**Subunidad Geomorfológica SUG4-2 (Serranía Norcentral):** conjunto de serranías con pendiente general hacia el Este muy abrupta. Figura 3. Tabla 2

**Subunidad Geomorfológica SUG4-3 (Montañas Occidentales):** pendiente oriental de Sierras Chicas, cortada por fallas en sentido Este – Oeste que organizan el drenaje de toda la zona. Figura 3. Tabla 2.

### Determinación de la Calidad para la Conservación

Una vez identificadas las unidades geomorfológicas, se analizan en cada una de ellas los elementos básicos, ponderados de la siguiente manera:

Geología, Suelos y Vegetación. Se consideran elementos simples. El factor de ponderación,  $\pi_i = 1$

Agua. Elemento de importancia tanto a nivel superficial como subterráneo,  $\pi_i = 2$

Paisaje. Resultado de la interacción de un conjunto de parámetros simples,  $\pi_i = 3$

Puntos Singulares presentes en cada unidad = (+1)

La puntuación para cada unidad geomorfológica se obtiene según la expresión:

$$V_{cc} = \sum (\pi_i * v_i) + n$$

donde:

$V_{cc}$  = valor de calidad para la conservación

$\pi_i$  = peso del elemento considerado

$v_i$  = valor de calidad del elemento considerado

$n$  = número de puntos de interés singular

## Geología

Mediante el relevamiento de campo de la zona de estudio se determinó que los cuerpos geológicos existentes no presentan características especiales como para recomendar el establecimiento de protecciones. Se trata en general de macizos rocosos y de sedimentos muy abundantes en el territorio provincial. De acuerdo a la metodología utilizada se realizó una valoración sobre la base de: Interés científico o didáctico; Singularidad a escala regional y, Condiciones de acceso para su observación. Los resultados son los siguientes:

**Sedimentos modernos eólicos.** Relieves planos y muy abundantes en el territorio provincial, con buena accesibilidad y posibilidad de estudio en diversos lugares. **vi = 1**

**Sedimentos de piedemonte.** Relieves ondulados, abundantes en todos los entornos serranos. Buena accesibilidad y posibilidad de estudio en todo el oeste provincial. **vi = 2**

**Basamento cristalino.** Relieves de montaña, abundantes en toda la zona serrana provincial. Buena accesibilidad. Características de metamorfismo regional particulares. **vi = 3**

**Cuerpos filonianos anfíbolíticos y calcáreos.** Relieves escarpados de acceso restringido. Rocas de gran interés, presentes en escasos lugares del territorio provincial. **vi = 4**

**Tonalitas San Agustín.** Relieves ondulados en zona de llanura. Escasos y poco representados en el territorio provincial. Fácil acceso. **vi = 5**

**Tonalita Calmayo.** Relieve de lomas, con gran cantidad de afloramientos rocosos, escasa cubierta de suelos y vegetación abundante solo en las quebradas y valles. Excelente accesibilidad. **vi = 5**

### Ponderación de la Geología en la Matriz de Calidad para la Conservación.

En el análisis se han considerado los porcentajes de terreno que cubren cada litología dentro de la respectiva unidad geomorfológica. Tabla 3.

Tabla 3. Ponderación para el cálculo de la calidad para la conservación.

UG	Geología (vi * pi)	Suelos (vi * pi)	Acuíferos (vi * pi)	Vegetación (vi * pi)
UG 1	1 * 1 = 1	1 * 4 * 1 = 4	3 * 2 = 6	1 x 1 x 1 = 1
UG 2	1 * 1 = 1	0,966 * 4 * 1 = 3,86 0,034 * 1 * 1 = 0,034 Total = 3,89	3 * 2 = 6	0,97 x 1 x 1 = 0,97 0,03 x 0 x 1 = 0 0,41 x 4 x 1 = 1,64 Total = 2,61
UG 3	0,986 * 2 * 1 = 1,973 0,010 * 4 * 1 = 0,041 0,003 * 5 * 1 = 0,170 Total = 2,18	0,21 * 4 * 1 = 0,81 0,77 * 1 * 1 = 0,77 0,02 * 0 * 1 = 0 Total = 1,58	3 * 2 = 6	0,21 x 2 x 1 = 0,42 0,77 x 0 x 1 = 0 0,02 x 0 x 1 = 0 Total = 0,42
SUG 4-1	0,749 * 3 * 1 = 2,247 0,153 * 4 * 1 = 0,612 0,098 * 4 * 1 = 0,392 Total = 3,25	0,75 * 1 * 1 = 0,75 0,25 * 0 * 1 = 0 Total = 0,75	3 * 2 = 6	0,75 x 4 x 1 = 3 0,25 x 0 x 1 = 0 Total = 3
SUG 4-2	3 * 1 = 3	1 * 1 * 1 = 1	3 * 2 = 6	1 x 4 x 1 = 4
SUG 4-3	0,636 * 3 * 1 = 1,908 0,111 * 4 * 1 = 0,443 0,253 * 5 * 1 = 1,267 Total = 3,62	0,66 * 1 * 1 = 0,66 0,34 * 0 * 1 = 0 Total = 0,66	3 * 2 = 6	0,66 x 4 x 1 = 2,64 0,34 x 0 x 1 = 0 Total = 2,64

## Suelos

La información de base para el mapeo se obtuvo de la producida por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, disponible en Internet a través del Visor GeoINTA. La valoración de la calidad para la conservación de los suelos se realizó en base al Índice de Productividad (IP) (Arens y Etchevehere, 1966), debido a que el mismo incluye un conjunto de variables de importancia ambiental, y además existe disponibilidad de sus valores en la zona de estudio. En las llanuras orientales del área de estudio, se desarrolla una Asociación de Suelos, simbolizada como MKtc-2. Son Molisoles, de textura franco limosa, propios de áreas semihúmedas bajo cobertura de pasturas y con material parental loess. Son suelos profundos, con espesores entre 60 a 80 cm, con alta carga orgánica, enriquecida con nutrientes del suelo de la superficie (horizonte C). El Índice de Productividad es de 61.

Tomando como base el valor del Índice de Productividad de 61 de esta unidad, para un máximo de 80, correspondiente a la zona, se puede valorar su calidad para la conservación en base al siguiente esquema: IP = 0-20 - Calidad = 1; IP = 20- 40 - Calidad = 2; IP = 40 - 60 - Calidad = 3; IP = 60 - 80 - Calidad = 4.

A MKtc-2 le corresponde un valor de Calidad = 4.

La unidad simbolizada como EPLi-17, se ubica en el sector occidental, cubriendo toda las zonas de pendientes y valles, en los que no se encuentran afloramientos rocosos. Es un Complejo de Suelos. El orden principal de suelos es de los Entisoles. Son suelos incipientemente formados, pobres en materia orgánica y con horizontes incipientes. Textura franco-arenosa. Índice de Productividad = 6.

A EPLi-17 le corresponde un valor de Calidad = 1.

En forma similar al análisis efectuado para la geología, se han considerado los porcentajes de terreno que cubren cada unidad de suelos, dentro de la respectiva unidad geomorfológica. Tabla 3.

## Vegetación

La vegetación se distribuye a lo largo del gradiente altitudinal formando pisos. Las diferencias de altitud determinan cambios en la vegetación que se manifiestan con la aparición de especies típicas. El "bosque serrano" se desarrolla en forma discontinua con plantas nativas en su mayoría y algunas exóticas. Por arriba de las comunidades de bosque y matorral serranos, a partir de los 1.000 metros de altitud, se presentan los pastizales y bosquecillos de altura. Se valora con mayor puntuación a la presencia de especies protegidas, singulares y la existencia de una alta densidad de elementos vegetales. En función de ellos, se aplica a cada unidad geomorfológica, un valor de 1 a 4.

1 - Agricultura extensiva; 2 - Vegetación exótica; 3 - Pastizales de altura (a partir de los 1000 m);

4 - Bosques Serranos.

En el análisis se han considerado los porcentajes de terreno que cubren cada tipo de vegetación, dentro de la respectiva unidad geomorfológica. Tabla 3.

## Aguas subterráneas

En toda la zona de estudio, la capa freática se encuentra entre los 10 y 15 metros de profundidad, con un desarrollo consecuente con la forma superficial del terreno.

La vulnerabilidad se evaluó en base a la metodología de *Foster e Hirata (1988)*, en la que se analizan y ponderan ciertas variables para conformar un índice cualitativo que permite calificar a la vulnerabilidad. Ellas son:

1. Carácter hidráulico del acuífero: Libre = 1; Semiconfinado = 0,5; Confinado = 0,2; Surgente = 0

2. Litología de la zona no saturada: material rocoso que se encuentra por encima del acuífero.

Materiales no consolidados: desde 0,2 para arcillas a 0,83 para gravas.

Materiales consolidados porosos: desde 0,43 para arcilitas a 0,95 para calizas.

Materiales consolidados densos: desde 0,55 para rocas ígneas y metamórficas a 1,20 para calizas cristalinas

3. Profundidad del acuífero. < 5 m = 0,9 ; 5 m -20 m = 0,7 ; 20 m -100 m = 0,5; > 100 m = 0,3

El Índice de vulnerabilidad (IV) es igual a  $1 * 2 * 3$ .

Para el caso en estudio, se adiciona el factor suelos que considera la atenuación, sobre todo de los agroquímicos, en base a las distintas texturas: Suelos arenosos = 0,9; Suelos limosos = 0,8; Suelos arcillosos = 0,3.

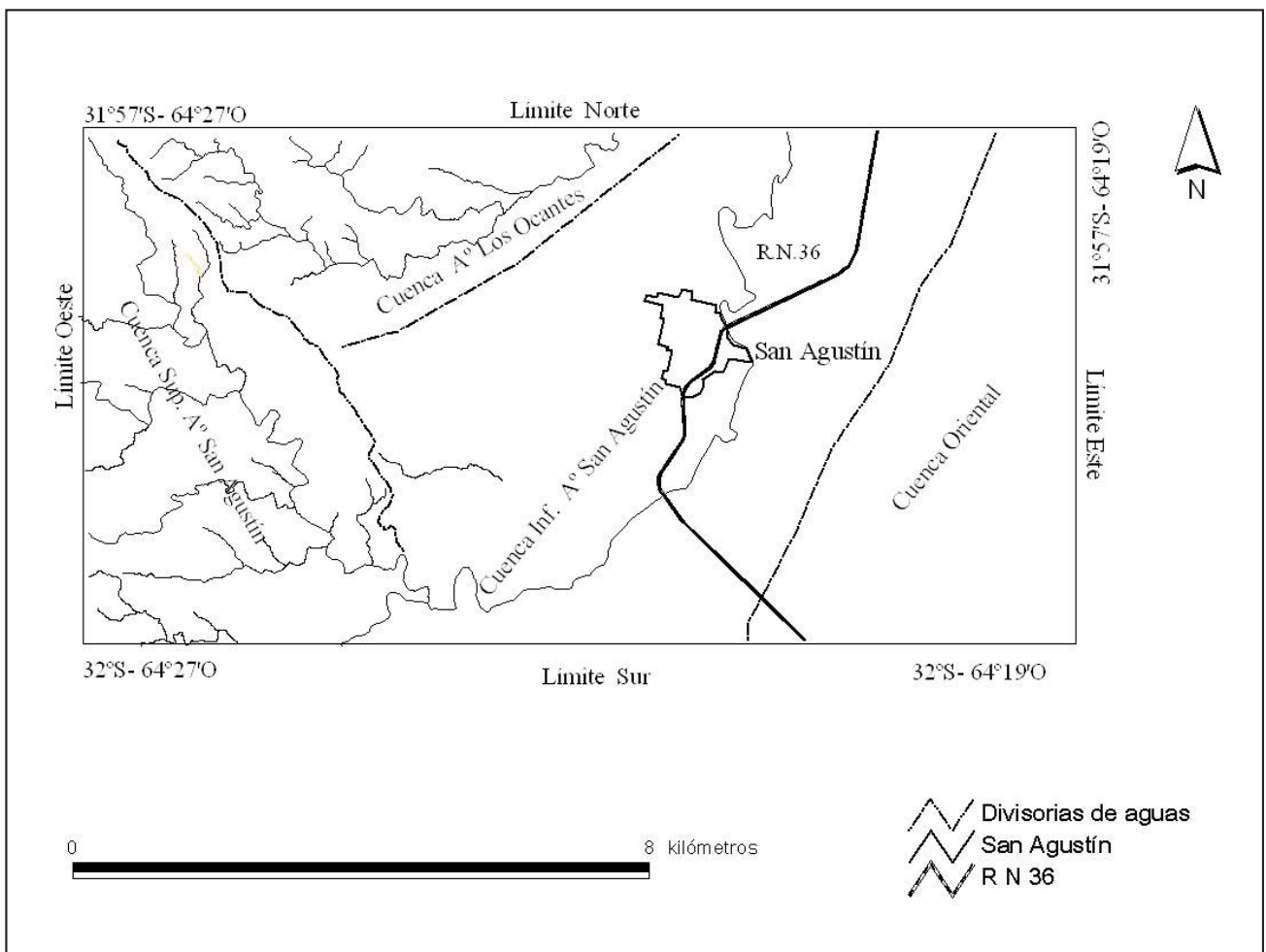


Figura 4. Cuencas definidas en el área de estudio.

La escala de vulnerabilidad definida en el trabajo de Foster e Hirata (1991), es la siguiente:

1. Vulnerabilidad muy baja a nula: < 0.1
2. Vulnerabilidad baja: 0,1 - 0,3
3. Vulnerabilidad moderada: 0,3 - 0,5
4. Vulnerabilidad alta: 0,5 - 0,7
5. Vulnerabilidad muy alta a extrema: > 0.7

En el área de estudio pueden definirse diversas cuencas subterráneas, dónde el agua freática va siguiendo las formas del terreno. Figura 4.

1. La cuenca suroccidental limitada al oeste por las mayores alturas de la zona y hacia el noreste por una divisoria de aguas, comprende toda la cuenca superior del A° San Agustín.

2. La misma divisoria de aguas separa la cuenca suroccidental de la cuenca centro occidental, que lleva sus aguas, al igual que el A° de los Ocantes, hacia la cuenca inferior del A° San Agustín.

3. La cuenca centro oriental se nutre de las aguas que provienen de las pendientes occidentales de la plataforma basculada y van hacia el A° San Agustín.

4. Finalmente la cuenca oriental, se forma con las aguas de la pendiente oriental de la plataforma basculada, alejándose en ese sentido de la zona de estudio.

Si bien las condiciones generales de vulnerabilidad del agua subterránea son similares, la dirección del flujo subterráneo definida por la geomorfología superficial, y las fuentes de contaminación generan un nivel de riesgo muy cambiante.

UG-1: Presenta un acuífero freático a 10 m. de profundidad, que se desarrolla dentro de un subsuelo de sedimentos modernos de origen eólico. Tabla 4

UG-2: Similar en el análisis a la Plataforma Basculada, presenta un acuífero freático a 10 m. de profundidad, que se desarrolla dentro de un subsuelo de sedimentos modernos de origen eólico. Tabla 4.

UG-3: Presenta un acuífero freático a 10 m de profundidad, que se desarrolla dentro de un subsuelo de sedimentos arenosos de origen coluvial. Tabla 4.

UG-4: Representa el sector donde ocurre la infiltración del agua y la recarga del acuífero. La protección del mismo, se consigue mediante la cubierta de vegetación autóctona: bosque serrano o pastizal de altura. De este modo se minimiza el escurrimiento superficial. El agua normalmente es captada por pozos en los valles intermontanos. La zona de infiltración está limitada hacia el Oeste por las mayores alturas de los cordones montañosos. La capa freática se encuentra a 10 m de profundidad. Tabla 4.

**Tabla 4. Vulnerabilidad de acuerdo a Foster e Hirata (1988).**

UG	Acuífero	Prof.	Subsuelo	Vulnerabilidad	Grado de Vulnerabilidad
UG 1	Libre: 1	10 m: 0,7	Loess: 0,5	0,35	3- Moderada
UG 2	Libre: 1	10 m: 0,7	Loess: 0,5	0,35	3- Moderada
UG 3	Libre: 1	10 m: 0,7	Coluvial: 0,6	0,42	3- Moderada
UG 4	Libre: 1	10 m: 0,7	Rocas: 0,63	0,44	3- Moderada

La ponderación de la vulnerabilidad de los acuíferos ponderada se muestra en la Tabla 3.

### Recurso Paisajístico

El método aplicado para su evaluación en función de la calidad para la conservación, consistió en desglosar el paisaje, en una serie de parámetros perceptuales simples y de valoración sencilla. A cada uno de los parámetros se les ha asignado un valor de Calidad y otro de Fragilidad, entendiéndose por Calidad, el valor intrínseco de un paisaje desde el punto de vista visual, y por Fragilidad al riesgo de deterioro del mismo como consecuencia de la implantación de actividades humanas.

### Calidad Visual del Paisaje

La calidad del paisaje puede definirse como un valor intrínseco, en función de la calidad de las vistas directas que desde él se divisan, y del horizonte escénico que lo enmarca (Serrano i Giné, 2009). Para definir la calidad del paisaje se emplearon las siguientes variables:

### Relieve

Se sigue el criterio de asignar una mayor calidad a las unidades más abruptas, con valles estrechos y cimas empinadas,

frente a las que corresponden a valles abiertos dominados por formas llanas.

El relieve se determinó en base al gradiente medio (GM%) calculado para cada unidad geomorfológica (Tablas 1 a 7). Para obtener los entornos para las cinco categorías adaptados a la zona de estudio, se consideró el mayor valor de gradiente medio calculado en todas las unidades geomorfológicas y se lo dividió por cinco:  $12,1\% / 5 = 2,42\%$ . Tabla 5.

### Complejidad Topográfica

La calidad visual de un paisaje será mayor en aquellas unidades ocupadas por formas que indican complejidad estructural. Por el contrario una forma simple, como puede ser una planicie inclinada, presentará una baja calidad.

Como criterio de categorización de las unidades geomorfológicas se consideró a la Desviación Estándar (DE) del Gradiente medio como representativo de la complejidad topográfica. Para obtener los entornos para las cinco categorías adaptados a la zona de estudio, se consideró el mayor valor de DE del Gradiente medio calculado en todas las unidades geomorfológicas y se lo dividió por cinco:  $5,3 / 5 = 1,06$ . Tabla 5.



**Tabla 5. Categorías de calidad en función del relieve del área de estudio.**

Relieve		Complejidad Topográfica		
Entornos GM %	GM (%) de la U.G.	DE de GM	DE de GM para las U.G.	Calidad
0,00 - 2,42	SUG 1-1 = 1 SUG 1-2 = 1,5 UG 2 = 0,5 UG 3 = 0,7	0,00 - 1,06	SUG 1-1=0,4 SUG 1-2 = 0,7 UG 2 = 0,3	1
2,42 - 4,84	UG 3 = 3,4	1,06 - 2,12		2
4,84 - 7,26		2,12 - 3,18	SUG 4-3 = 2,7	3
7,26 - 9,68	SUG 4-1= 8,9 SUG 4-3 = 7,3	3,18 - 4,24		4
9,68 - 12,1	SUG 4-2 = 12,1 SUG 4-2 = 4,9	4,24 - 5,30	SUG 4-1=5,3	5

### Desnivel

El desnivel (D), considerado como la diferencia en metros entre la altura máxima y mínima sobre el nivel del mar fue calculado en el análisis geomorfológico, para cada una de las unidades. Tablas 1 a 7. Los valores medios calculados fueron los siguientes SUG1-1 = 26; SUG1-2 = 22; UG2 = 6; UG3= 95; SUG4-1= 115; SUG4-2= 138; SUG4-3= 165. Continuando con el mismo criterio de tomar el valor máximo y dividirlo por cinco, se obtienen la siguiente clasificación: 1= 0 a 33 m; 2= 33 a 66 m; 3= 66 a 99 m; 4 = 99 a 132 m; 5 =132 a 165 m. Tabla 6.

### Vegetación y usos del suelo

La vegetación y los usos del suelo son factores fundamentales para evaluar la calidad del paisaje, por ser elementos de extensión territorial. La calidad se puede definir mediante la combinación de la presencia de vegetación natural y especies exóticas y a su vez la existencia de los tres estratos: pasturas-matorral-arboleda. Los valores de Calidad (C) se han establecido del siguiente modo:

Agricultura extensiva. Cultivos homogéneos. C = 1; Agricultura predominante sobre árboles y arbustos nativos y exóticos C = 2; Montes nativos y exóticos predominantes sobre agricultura C = 3; Monte de repoblación joven C = 4; Monte autóctono o de repoblación antigua C = 5.

En las subunidades SUG 1-1 y SUG 1-2, se desarrolla la actividad agrícola en forma extensiva, con predominio del cultivo de soja y maíz. La vegetación natural ha quedado restringida a algunos relictos de bosque natural incluidos en la matriz cultivada y en lomadas no aptas para labores agrícolas. Calidad = 1 Agricultura extensiva.

En la unidad UG 2 se encuentra la Localidad de San Agustín y campos con agricultura extensiva en la zona central. Hacia el sur se encuentra bosque serrano colindante con el piedemonte. Calidad = 2 La unidad UG 3 presenta bosque serrano predominante sobre campos de cultivo. En zonas de explotación minera abandonadas se han originando montes de repoblación joven. Calidad = 4.

En la unidad SUG 4-1 se encuentra el mayor emprendimiento minero de San Agustín, posicionado junto a otras tres canteras, desde la línea divisoria de aguas hacia el Este. Grandes extensiones de bosque autóctono rodean las canteras y

hacia el Oeste de la línea divisoria de aguas, el bosque nativo denso, domina el paisaje. Calidad = 4.

En las subunidades SUG 4-2 y SUG 4-3, se identifican los montes de repoblación antigua, surcados por ríos y arroyos, valorados tanto por su variedad en especies nativas, como por su densidad. Calidad = 5. Tabla 6.

### Presencia de masas de agua

Se considera que la existencia de láminas de agua en un paisaje constituye un elemento de indudable valor. En el área de estudio la presencia de pequeños arroyos y vertientes, aunque no sean perennes, y no sean percibidos en el conjunto de la unidad, presentan un gran aporte paisajístico, por el verdor que implican para la zona y la flora (helechos, etc.) y fauna (ranas, etc.) que los habitan. La subunidad SUG 1-1 no posee agua. Calidad = 1. La subunidad SUG 1-2, está surcada por el Arroyo San Agustín. Calidad = 2. La UG 2 está recorrida en toda su extensión por el Arroyo San Agustín. Calidad = 2. En la unidad UG 3 se encuentra situado el Arroyo de los Ocantes, otros arroyos que atraviesan la parte central y el Arroyo San Agustín. Calidad = 2. En cuanto a las subunidades SUG 4-1, SUG 4-2 y SUG 4-3, están recorridas por vertientes y arroyadas estacionales. Calidad = 2.

### Parámetro de Calidad para masas de agua.

Unidad sin agua = 1; Unidad con ríos, arroyos, canales o acequias = 2; Unidad con embalses, lagunas o represas = 3. Tabla 6

### Infraestructura y población

Se ha considerado la presencia y densidad de rutas, caminos, calles y urbanización, disminuyendo la Calidad a medida que se incrementa la existencia de rutas principales, secundarias y terciarias, y de poblaciones dispersas y núcleos urbanos. Para el cálculo se considera el sistema de cuadrículas, calculando el área cubierta por cada una de las intervenciones humanas.

Se establece la siguiente escala para Calidad para infraestructura y población. Zona con urbanizaciones de alta densidad, industrias, canteras y vertederos. Acceso por rutas principales. Calidad = 1. Zona rural con poblaciones y edificaciones abundantes y acceso por rutas secundarias Calidad = 2. Zona rural con pueblos y edificaciones dispersas y acceso por rutas terciarias.

Calidad = 3. Zona rural con construcciones dispersas, escasas e inexistentes. Calidad = 4. Zona rural sin construcciones, ni vías de comunicación principales. Calidad = 5.

Las subunidades SUG 1-1 y SUG 1-2 presentan algunos puestos de estancias, construcciones dispersas e importantes áreas donde la edificación es inexistente. Se encuentra en ella, la ruta nacional 36, que impacta visualmente a ambas subunidades. La valoración de Calidad es de 4 por infraestructura y de 1 por vías de acceso. Valor de Calidad adoptado =3.

En la unidad UG 2 está ubicada la ciudad de San Agustín, con 2870 (*Censo 2001*). Se accede por la ruta 36. Calidad = 1. En la unidad UG 3 la zona es rural, con construcciones escasas. La valoración de Calidad es de 4. La subunidad SUG 4-1 es zona rural sin construcciones, ni vías de comunicación importantes. Calidad = 5. La subunidad SUG 4-2 no presenta edificaciones dispersas, ni zonas industriales o canteras. Calidad = 5. En la zona de SUG 4-3 se encuentra Villa Uriburu, con algunas casas y la Estancia Santa Rita, con su capilla de piedras. Calidad = 4. Tabla 6.

**Tabla 6. Calidad por Desnivel (D), Vegetación (V), Agua (A) e Infraestructura y Población (IyP).**

U.G.	Calidad por D	Calidad por V	Calidad por A	Calidad por IyP
SUG 1-1	1	1	1	3
SUG 1-2	1	1	2	3
UG 2	1	2	2	1
UG 3	3	4	2	4
SUG 4-1	4	4	2	5
SUG 4-2	5	5	2	5
SUG 4-3	5	5	2	4

### Fragilidad o Vulnerabilidad Visual del Paisaje

La Fragilidad Visual se puede definir como la susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él; es la expresión del grado de deterioro que el paisaje experimentarían ante la incidencia de determinadas actuaciones (*Serrano i Giné, 2009*). La calidad visual de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio que se analiza. La fragilidad, en cambio, depende del tipo de actividad que se piensa desarrollar. El espacio visual puede presentar diferente vulnerabilidad según se trate de una actividad u otra. Los factores utilizados para la valoración de la fragilidad del paisaje son los siguientes:

### Vegetación (V)

Interviene en la manera en que puede ocultar un determinado uso del suelo. De allí la importancia de la estratificación en altura: Formación arbórea densa y alta, F = 1; Formación arbórea dispersa y baja, F = 2; Matorral denso F = 3; Matorral disperso F = 4; Pastizales y cultivos F = 5.

En las subunidades SUG 1-1 y SUG 1-2, se desarrolla la actividad agrícola en forma extensiva, con predominio del cultivo de soja y maíz. Fragilidad = 5 correspondiente a pastizales y cultivos.

En la unidad geológica UG 2 se encuentra San Agustín, una zona de campos con agricultura extensiva y una zona de bosque serrano disperso. Fragilidad = 4.

La UG 3 presenta campos de cultivo, entremezclados con bosque serrano. Fragilidad = 3.

En la subunidad SUG 4-1 hay grandes extensiones de bosque nativo denso. Fragilidad = 1.

En las subunidades SUG 4-2 y SUG 4-3, hay montes de repoblación antigua de alta densidad. Fragilidad = 1. Tabla 7.

### Relieve (R)

La fragilidad del paisaje se incrementa con la pendiente, debido a que cualquier acción sobre el territorio o uso del suelo queda más expuesto mientras más empinado es el relieve.

Para la definición de la Fragilidad se utilizó la misma escala que para la Calidad. Tabla 7.

### Incidencia Visual

Contemplada como la posición topográfica ocupada dentro de la unidad de paisaje. Se han clasificado las unidades geomorfológicas con un criterio basado en la altitud, pendiente y abruptuosidad de las formas. Se consideran de mayor fragilidad las zonas culminantes, algo menor las laderas y por último las vaguadas y fondos de valles. Tabla 7.

Relieve negativo, valles y vaguadas amplios y extensos, en unidades pequeñas. F = 1

Relieve negativo, valles y vaguadas amplios y extensos, en unidades grandes. F = 2

Relieve neutro, llanuras y mesetas. F = 3

Relieve positivo, resaltes, cerros, montes en unidades pequeñas F = 4

Relieve positivo, resaltes, cerros, montes en unidades grandes. F = 5

### Accesibilidad

Aquí se incluye la influencia de la distribución de los observadores potenciales del territorio. Una actividad o uso del suelo tendrá mayor impacto visual en las proximidades de los espacios habitados y rutas.

Unidades sin caminos, no adyacentes a otras con caminos, a más de 1,5 km de núcleos habitados. F = 1.

Unidades con caminos terciarios, a más de 1,5 km de núcleos habitados. F = 2.

Unidades con caminos secundarios y entre 1,5 y 1,0 km de núcleos habitados. F = 3.

Unidades con caminos primarios y entre 1,0 y 0,5 km de núcleos habitados. F = 4.

Unidades atravesadas por caminos principales y que contienen núcleos habitados. F = 5.

Las subunidades SUG 1-1, SUG 1-2 son atravesadas por la ruta 36, caminos secundarios y de acceso a los campos. Fragilidad = 5. En la UG 2 se encuentra la zona más poblada, con mayor comunicación por su desarrollo industrial y agropecuario. Fragilidad = 5.

La UG 3 contiene caminos secundarios y calles y caminos para tránsito pesado que permiten el acceso del transporte a las canteras. Fragilidad = 4.

La SUG 4-1, es la zona de las principales canteras, rodeada de caminos secundarios y vecinales, cruzada en su parte central, por caminos terciarios y calles. Fragilidad = 4.

La SUG 4-3 incluye el camino que atraviesa la Estancia Santa Rita para perderse en las sierras hacia Villa General Belgrano y caminos vecinales. Fragilidad = 4.

La SUG 4-2 es la única que no tiene caminos y es adyacente a las anteriores. Fragilidad = 3. Tabla 7.

**Tabla 7. Fragilidad por Relieve (R), Vegetación (V), Incidencia Visual (IV) y Accesibilidad (AC).**

U.G.	Fragilidad por R	Fragilidad por V	Fragilidad por IV	Fragilidad por AC
SUG 1-1	1	5	2	5
SUG 1-2	1	5	2	5
UG 2	1	4	3	5
UG 3	2	3	4	4
SUG 4-1	4	1	5	4
SUG 4-2	5	1	5	3
SUG 4-3	4	1	5	4

### Evaluación del Paisaje

Dado que no todos los parámetros descritos tienen la misma importancia para determinar la calidad global del paisaje, se ha aplicado un procedimiento de agregación ponderada, asignando a cada parámetro un peso o coeficiente que refleja la contribución de dicho parámetro al valor paisajístico de la unidad.

#### Pesos asignados para la Calidad (pic) y Fragilidad (pif).

Relieve pic=3; pif=3; Complejidad Topográfica pic=3; Desnivel pic=1; Vegetación pic=2; pif=2;

Presencia de agua pic=1; Infraestructura y Población pic=2; Incidencia Visual pif=3; Accesibilidad pif=2.

#### Cálculo de los índices de calidad (Vc) y fragilidad (Vf)

En base a los diferentes pesos de los elementos se utiliza la siguiente expresión:

$$Vc = \sum pi \times vi / \sum pi$$

$$Vf = \sum pi \times vi / \sum pi$$

Donde,

“vi” es el valor del parámetro “i”.

“pi” es el peso del parámetro “i”

#### Calidad Total del Paisaje.

Este parámetro denominado (Cp), se obtiene por combinación de los índices de calidad y fragilidad, según la expresión:  $Cp = (2 \times Vc + Vf) / 3$

Se ha utilizado esta expresión, considerando la calidad del paisaje, como un factor más determinante, que la fragilidad, a la hora de establecer el interés para la conservación de la unidad.

Los valores obtenidos en Cp, se dividieron en categorías que se incorporan en la tabla de cálculo de la calidad de conservación, multiplicados por su peso.

Esta conversión, se realiza de acuerdo con la media (Cpm) y la desviación estándar (DE) del conjunto de las unidades y ajustando el valor en una de las cinco categorías de la siguiente tabla:

Rango de valor de Cp de la unidad	Categoría
$Cp \leq Cpm - 1,25 DE$	0
$Cpm - 1,25 DE \leq Cp \leq Cpm - 0,75 DE$	1
$Cpm - 0,75 DE \leq Cp \leq Cpm$	2
$Cpm \leq Cp \leq Cpm + 0,75 DE$	3
$Cpm + 0,75 DE \leq Cp \leq Cpm + 1,25 DE$	4
$Cpm + 1,25 DE \leq Cp$	5

#### Descripción del procedimiento para la evaluación del paisaje.

De las variables analizadas surge el resultado expresado en la Tabla 10, en donde los valores de calidad y fragilidad son multiplicados por los factores 1, 2 ó 3 y cuyo producto y sumatoria final, dará por resultado la elaboración de la matriz de calidad total del paisaje.

En este contexto, cada unidad geomorfológica fue valorada según los parámetros establecidos en el método adoptado en cuanto a calidad del paisaje (Vc) y fragilidad del paisaje (Vf) en categorías de 1 (baja) a 5 (alta).

**Tabla 8. Matriz para el cálculo de la Calidad del Paisaje. CR: Calidad por Relieve; CCT: Calidad por Complejidad Topográfica; CD: Calidad por Desnivel; CV: Calidad por Vegetación; CA: Calidad por agua; CIP: Calidad por Infraestructura y Población; FV: Fragilidad por Vegetación; FR: Fragilidad por Relieve; FIV: Fragilidad por Incidencia Visual; FAc: Fragilidad por Accesibilidad.**

U. G.	CR (*3)	CCT (*1)	CD (*1)	CV (*2)	CA (*1)	CIP (*2)	FV (*2)	FR (*3)	FIV (*3)	FAc (*2)	Vc	Vf	Cp
SUG 1-1	3	1	1	2	1	6	10	3	6	10	1,4	2,9	1,90
SUG 1-2	3	1	1	2	2	6	10	3	6	10	1,5	2,9	1,97
UG 2	3	1	1	4	2	3	8	3	9	10	1,4	3,0	1,93
UG 3	6	1	3	8	2	8	6	6	12	8	2,8	3,2	2,93
SUG 4-1	12	5	3	8	2	10	2	12	15	8	4,0	3,7	3,90
SUG 4-2	15	5	5	10	2	10	2	15	15	6	4,7	3,8	4,40
SUG 4-3	12	3	5	10	2	8	2	12	15	8	4,0	3,7	3,90

**Resultados de calidad total promedio y desviación estándar.**

La calidad total Cp se debe categorizar a fin de incorporar su valor en la tabla de cálculo de la Calidad para la Conservación, donde entraría multiplicado por su peso de 3.

Esta conversión se realiza de acuerdo con la media Cpm (Calidad Total Promedio) y la desviación estándar DE, del conjunto de las unidades y de esa forma se determina la categoría, siendo DE la desviación estándar de las muestras.

Los valores calculados son:

$$Cpm = 2,99$$

$$DE = 1,08$$

$$1,25 * DE = 1,35$$

$$0,75 * DE = 0,81$$

Rango de valor de Calidad Total y determinación de la categoría. Tabla 9

**Tabla 9. Rangos de valor de calidad total y determinación de la categoría.**

Rango de valor de Cp		Categoría
$Cp \leq Cpm - 1,25 DE$	$Cp \leq 2,99 - 1,35 = 1,64$	0
$Cpm - 1,25 DE \leq Cp \leq Cpm - 0,75 DE$	$1,64 < Cp \leq 2,99 - 0,81 = 2,18$	1
$Cpm - 0,75 DE \leq Cp \leq Cpm$	$2,18 \leq Cp \leq 2,99$	2
$Cpm \leq Cp \leq Cpm + 0,75 DE$	$2,99 \leq Cp \leq (2,99 + 0,81) = 3,80$	3
$Cpm + 0,75 DE \leq Cp \leq Cpm + 1,25 DE$	$3,80 \leq Cp \leq 4,34$	4
$Cpm + 1,25 DE \leq Cp$	$4,34 \leq Cp$	5

En base a estos rangos se establece la categoría para la Calidad del Paisaje.

SUG 1-1: Cp = 1,90 - Categoría = 1; SUG 1-2: Cp = 1,97 - Categoría = 1; UG 2: Cp = 1,93 - Categoría = 1; UG 3: Cp = 2,93 - Categoría = 2; SUG 4-1: Cp = 3,90 - Categoría = 4; SUG 4-2: Cp = 4,40 - Categoría = 5; SUG 4-3: Cp = 3,90 - Categoría = 4.

**Puntos Singulares**

Los puntos singulares se consideran como elementos mejorantes de la calidad, sumando un punto en la valoración de la unidad geomorfológica en la que se encuentran. Para la zona de estudio no se definieron puntos singulares.

**Integración de datos para la obtención de la Calidad para la Conservación**

El análisis efectuado para cada una de las unidades geomorfológicas, en cuanto a las variables: geología, suelos, aguas subterráneas, vegetación y paisajes, debe ponderarse con los factores apropiados para conformar el valor final de Calidad para la Conservación. En la Tabla 10, puede observarse el cálculo realizado para la zona de estudio.

Una vez obtenido el valor para la conservación de cada unidad geomorfológica VCC, se asignará un valor de categoría, de manera similar a la categorización del paisaje.

El valor promedio de los Vicc es Vccm = 20,22 y la desviación estándar DE = 5,86, por lo que  $1,25 * DE = 7,32$  y  $0,75 * DE = 4,39$

De acuerdo a estos valores se clasificarán las unidades en función del siguiente listado. Tabla 11.

**Tabla 10. Cálculo del Valor para la Calidad para la Conservación (VCC). G= Geología; S= Suelos; A= Aguas; V= Vegetación; Cp = Calidad del Paisaje.**

U. G.	G (1*)	S (*1)	A (*2)	V (*1)	Cp (*3)	VCC
SUG 1-1	1	4	6	1	3	15
SUG 1-2	1	4	6	1	3	15
UG 2	1	3,89	6	2,61	3	16,5
UG 3	2,18	1,58	6	0,42	6	16,18
SUG 4-1	3,25	0,75	6	3	12	25
SUG 4-2	3	1	6	4	15	29
SUG 4-3	3,62	0,66	6	2,64	12	24,9

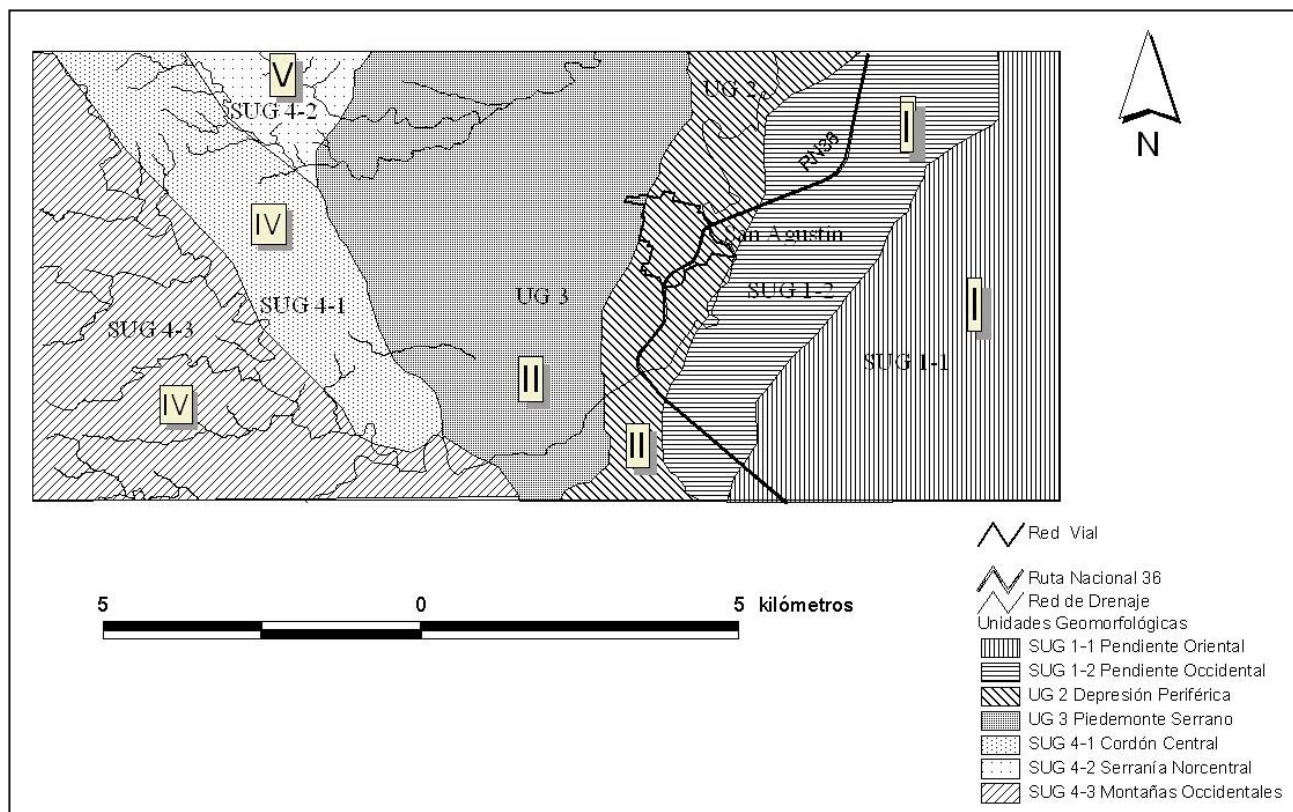


Figura 5. Categorización de las Unidades Geomorfológicas.

Tabla 11. Cálculo de la categoría para la calidad para la conservación.

Rango de valor de VCC de la unidad		Cat	Calidad
$V_{cc} \leq V_{ccm} - 1,25 DE$	$V_{cc} \leq 20,22 - 7,32 = 12,90$	0	Deficiente
$V_{ccm} - 1,25 DE \leq V_{cc} \leq V_{ccm} - 0,75 DE$	$12,90 < V_{cc} \leq 15,83$	I	Muy Baja
$V_{ccm} - 0,75 DE \leq V_{cc} \leq V_{ccm}$	$15,83 < V_{cc} \leq 20,22$	II	Baja
$V_{ccm} \leq V_{cc} \leq V_{ccm} + 0,75 DE$	$20,22 < V_{cc} \leq 24,61$	III	Moderada
$V_{ccm} + 0,75 DE \leq V_{cc} \leq V_{ccm} + 1,25 DE$	$24,61 < V_{cc} \leq 27,54$	IV	Alta
$V_{ccm} + 1,25 DE \leq V_{cc}$	$27,54 \leq V_{cc}$	V	Muy Alta

Esta categorización es el valor final al que se arriba, como resultado de todo el trabajo de evaluación de los factores tenidos en cuenta para la determinación de la calidad para la conservación.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos son acordes con las características de la zona de estudio. La calidad para la conservación se incrementa hacia el oeste, hacia la zona serrana, en la cual se dan los mejores paisajes y existe un uso del suelo adecuado. Las planicies orientales y la depresión central presentan categorías bajas acorde a su posición en el paisaje, la existencia de urbanizaciones, caminos, etc. y un subsuelo con sedimentos de origen eólico, aluvial, coluvial. En cuanto a la zona de montaña, se distingue un cordón serrano, con pendientes abruptas y visuales muy largas, extendidas hacia este y oeste del paisaje. Por su parte, las serranías suroccidentales presentan las mayores alturas de la zona de estudio y actividades de ganadería, que no afectan a la vegetación de bosques autóctono preservado. Tabla 12.

Tabla 12. Resultados de la categorización en función de la calidad para la conservación.

U. G.	VCC	Categoría	Calidad
SUG 1-1	15	I	Muy Baja
SUG 1-2	15	I	Muy Baja
UG 2	16,5	II	Baja
UG 3	16,18	II	Baja
SUG 4-1	25	IV	Alta
SUG 4-2	29	V	Muy Alta
SUG 4-3	24,9	IV	Alta

## ÁREAS IMPACTADAS POR LA MINERÍA

La minería de calcáreos que se explotan para triturados pétreos, y como suplemento para suelos agrícolas es la principal en la zona. Como establecimiento representativo se analizó la firma Cantera San Agustín SA. A los fines de la presente

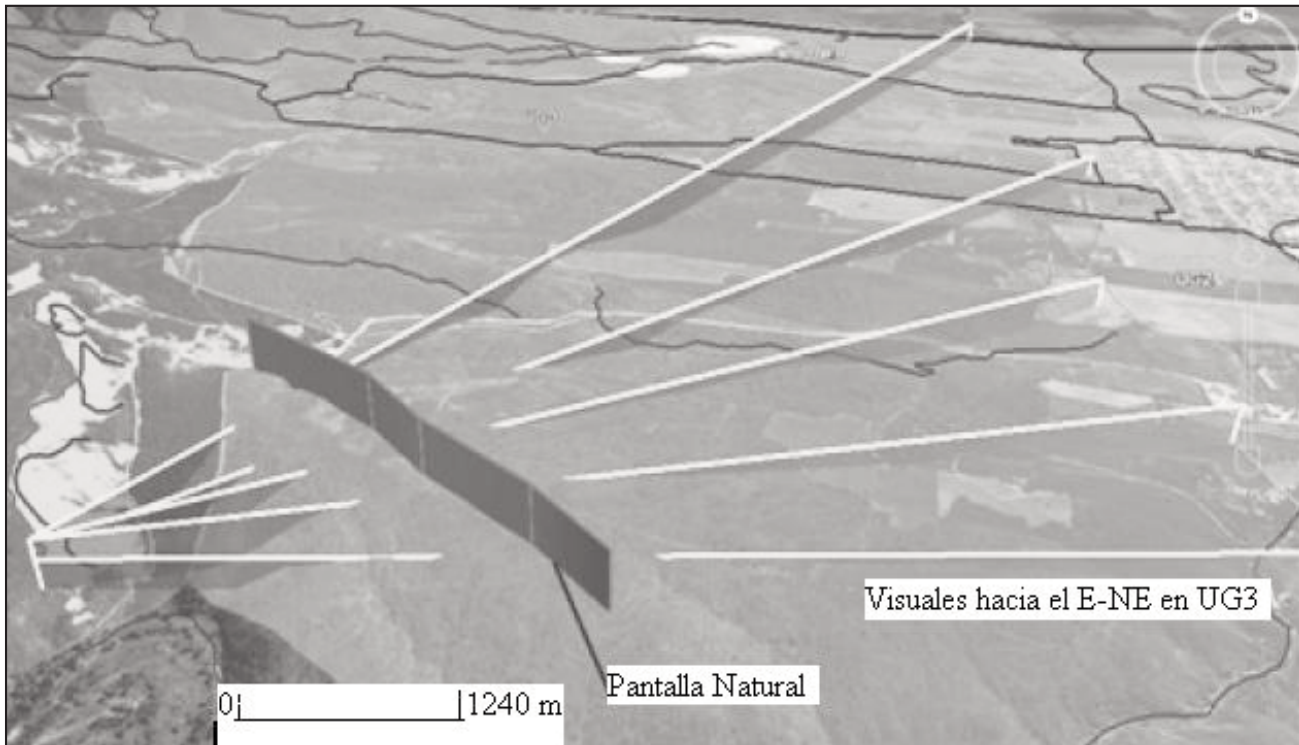


Figura 6. Impacto visual del frente sur de la cantera San Agustín sobre la UG3. Google Earth

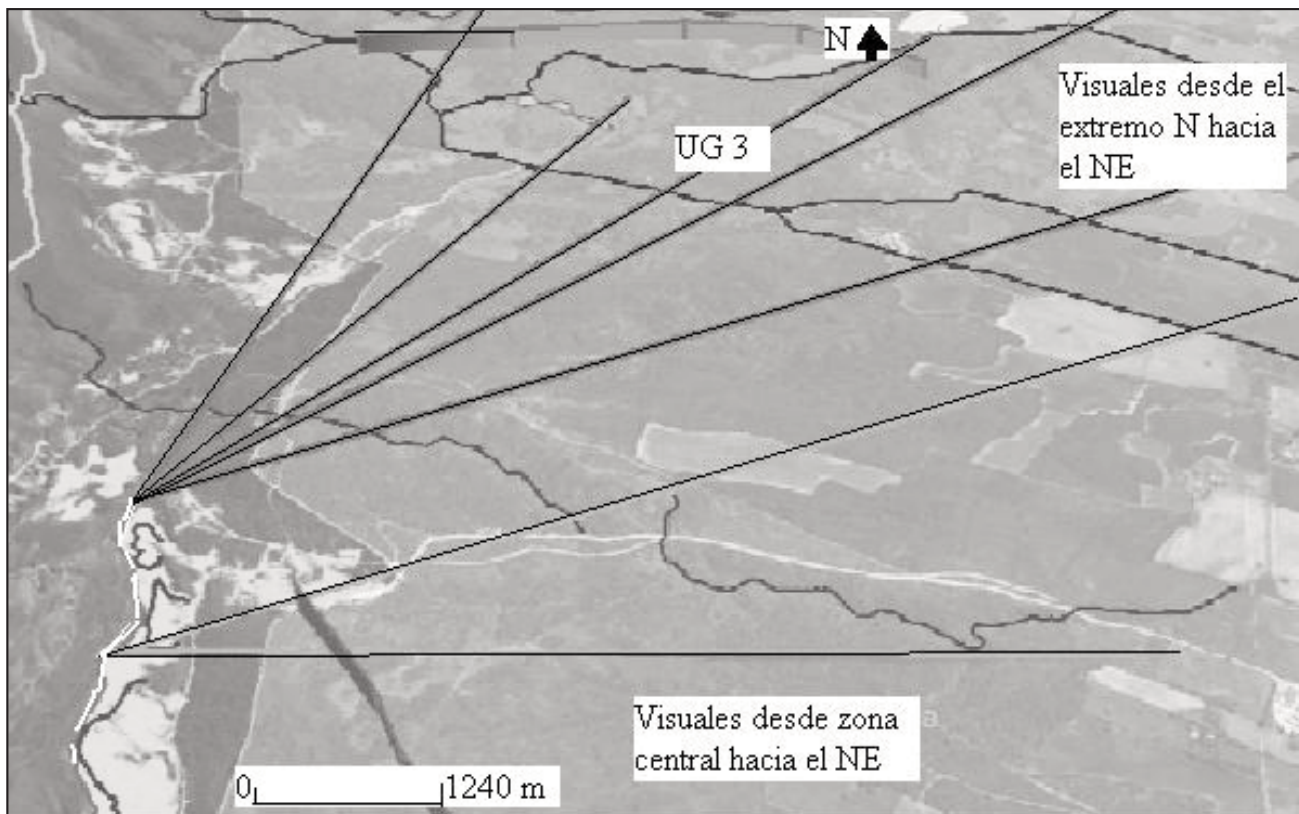


Figura 7. Impacto visual de los frentes centro y norte de la cantera San Agustín sobre la UG3. Google Earth.

investigación se realizó una visita a las instalaciones, frentes de cantera, plantas de trituración y pulverización del material pétreo y se tuvo acceso al informe de impacto ambiental. El principal impacto ambiental de la cantera es de tipo paisajístico, ya que en cuanto a la emisión de polvo, ruido y contaminación de agua, se realizan las medidas de control y mitigación exigidas por la Dirección de Minería.

El frente principal de la cantera San Agustín se extiende en sentido NNO-SSE, y está ubicado sobre la pendiente oriental de la SUG 4-1: Cordón Central. Esta unidad se encuentra afectada en su vertiente oriental por la actividad de la cantera, no así en la vertiente occidental. Dada su Calidad para la Conservación Alta (Categoría IV) sería recomendable minimizar las zonas sin remediación que no correspondan a frentes activos. La remediación debe llevarse a cabo con especies autóctonas, evitando la proliferación de las exóticas, con las que se ha venido trabajando.

El impacto de los frentes de cantera se proyecta hacia las unidades geomorfológicas orientales.

Las visuales proyectadas desde el frente sur, son interrumpidas por una pantalla natural formada por un cordón serrano, que evita la visualización del frente de cantera desde gran parte de las unidades UG1, UG2 y UG3. Por lo tanto el impacto queda limitado al valle cercano a dicho frente. Figura 6.

En forma similar se analizó el frente central y el frente norte de la cantera que impactan toda la zona central de la UG3 y son interrumpidas por una pantalla natural conformada por un cordón serrano ubicado al Norte de la misma.

El sector impactado visual y paisajísticamente por el frente de cantera se extiende entre las dos pantallas naturales de-

tectadas mediante el análisis geomorfológico con la herramienta Google Earth. Figura 8.

El sistema de avance del frente de explotación es por volteo, produciéndose voladuras en el pie del mismo, que afectan la parte superior. Este procedimiento no permite la remediación del banco superior (fitoremediación, envejecimiento del talud, etc.) ya que todo el frente de la cantera se derrumba por acción de las voladuras en la base. Teniendo en cuenta que el mayor impacto visual lo produce el banco superior, se tendría que establecer un sistema de explotación de atrás hacia adelante, de forma tal que los frentes que vayan quedando inactivos puedan ser remediados mediante retaludado y fitoestabilización.

## CONCLUSIONES

La actividad minera que se desarrolla en la zona estudiada produce principalmente un impacto de tipo visual paisajístico.

Debido a la ubicación de los frentes de cantera, estos impactan áreas que se encuentran ubicadas en un arco NE-E.

El impacto visual es disminuido por obstáculos naturales (lomadas).

Donde no existen obstáculos naturales, la visualización de los frentes de cantera afecta a zonas con distintas categorías de Calidad para la Conservación.

Cuando el impacto afecta a zonas con Calidad para la Conservación media y alta, se justifica la ejecución de medidas de retaludado y fitoremediación de los frentes.

Estas técnicas permiten mitigar y recuperar el paisaje, siendo necesario para su concreción la modificación del sistema de explotación por volteo que se utiliza en la actualidad.

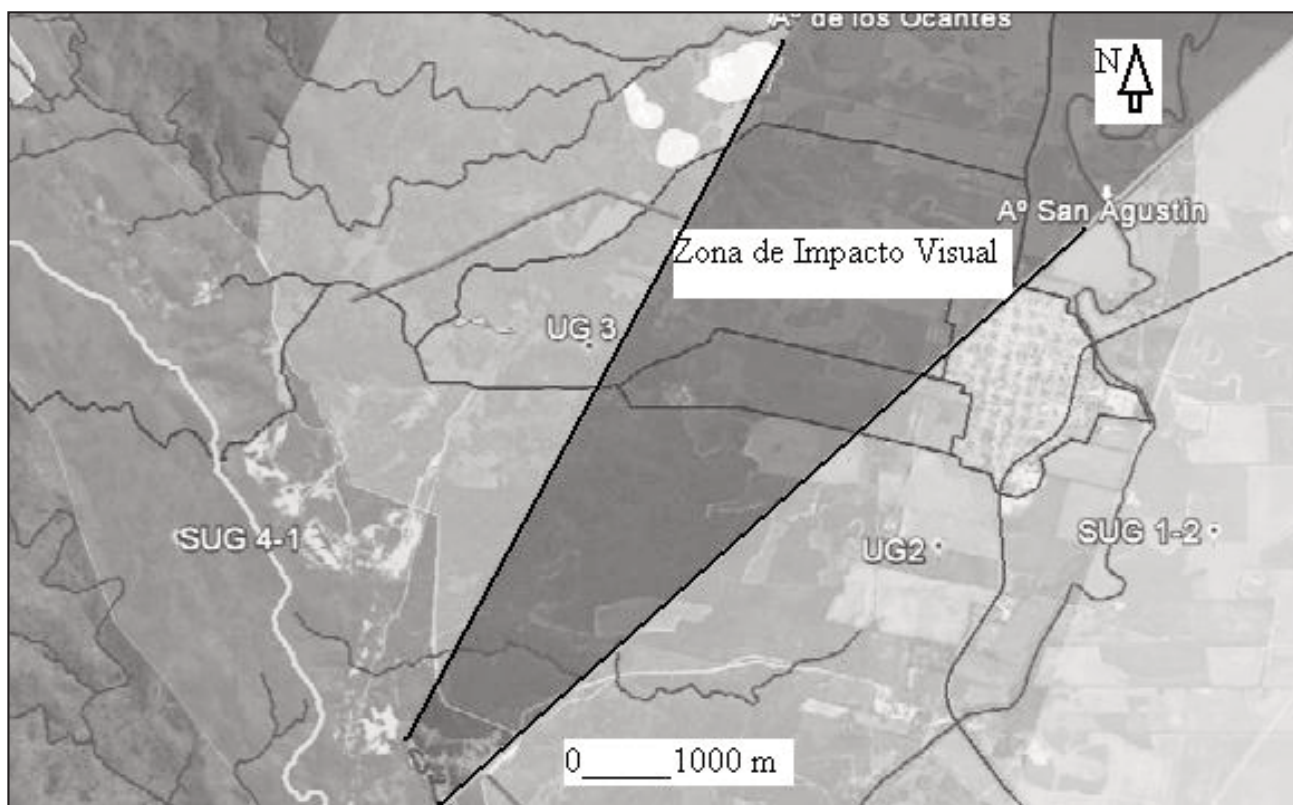


Figura 8. Zona de impacto visual de los frentes de Cantera San Agustín. Google Earth.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ARENS P. Y ETCHEVEHERE P. (1996).  
Normas de reconocimiento de suelos. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación.  
*INTA. Buenos Aires. RA.*
- ADHARA (2008)  
Plan General de Ordenación Urbana de Ador.  
*Concierto Previo. Estudio del Paisaje. Estudios Territoriales.*
- CAPITANELLI R.J. (1979)  
Geomorfología.  
*En J.B. Vázquez, R.A. Miatello y M.E. Roqué (Eds) Geografía Física de la Provincia de Córdoba, Córdoba, pp.213-296. - Centeno J., Fraile M., Otero M. y Pividal A. Geomorfología Práctica. 1994, Ed. Rueda.*
- CENDRERO UCEDA A., NIETO SALVATIERRA M., ROBLES CUENCA F., SANCHEZ DIAZ J., (1986)  
Mapa Geocientífico de la Provincia de Valencia. Escala 1:200.000.  
*Diputación Provincial de Valencia. Valencia. Memoria 71 pp.*
- CENTENO J., FRAILE M., OTERO M., PIVIDAL A., (1994)  
Geomorfología Práctica.  
*Ed. Rueda Madrid. 66 pp.*
- FERRANDO ACUÑA F., Y FRANCO DE LUCA N. (2011).  
Geomorfología y paisaje en el ordenamiento territorial: valorizando el corredor inferior del río Mapocho.  
*Revista de Investigación Geográfica 43 : 65–86. Santiago. Chile*
- FOSTER S., E HIRATA R. (1988).  
Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas.  
*CEPIS /PAHOWHO. Technical report. Lima (Perú) 81 pp.*
- GENERALITAT VALENCIANA. (2005)  
Nuevo Plan General de Ordenación Urbanística del Ayuntamiento de Peñíscola.  
*Memoria de Impacto Ambiental.*
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA.  
Visor GeoINTA. Recursos Naturales. Suelos Córdoba.  
*Disponible en [http://geointa.inta.gov.ar/visor/?p=model\\_suelos](http://geointa.inta.gov.ar/visor/?p=model_suelos), último acceso 29 de Abril de 2015.*
- NAVARRO M.E. (2015)  
Determinación de la Calidad para la Conservación de Áreas Impactadas por la Minería en la zona de San Agustín, Provincia de Córdoba, Argentina.  
*Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. UTN. FR. Córdoba. Inédita.*
- ROMERO L., RUIZ P., HERNANDEZ L., (2004).  
Diagnósticos de Calidad para la Conservación de Espacios Agrícolas Abancalados.  
*Propuesta Metodológica para la cuenca de Guinigada (Gran Canaria, Islas Canarias). Geographicalia 45, pp.113-127.*
- SERRANO I GINÉ D., (2009)  
Les Muntanyes d'Ordal. Estudi de paisatge.  
*Tesis Doctoral. Facultat de Geografia i Historia. Universitat de Barcelona. Barcelona.*