

Determinación de la calidad para la conservación de sitios para tratamiento de residuos.

Enrique Quintana Crespo¹, María Elena Navarro²

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

^{1,2}*Dirección de Posgrado, Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Argentina.*

Fecha de recepción del manuscrito: 29/10/2014

Fecha de aceptación del manuscrito: 11/10/2015

Fecha de publicación: 15/03/2016

Resumen—Se ha llevado a cabo la aplicación de una metodología para determinación de la calidad para la conservación de los recursos naturales en una zona serrana cercana a la Localidad de San Agustín. El objetivo fue establecer una categorización de las distintas unidades geomorfológicas que permita la definición de diversos usos compatibles con el desarrollo sustentable de la región. La existencia de explotaciones de roca calcárea en la zona provoca un impacto ambiental fundamentalmente paisajístico. Las tareas de remediación pasan por la necesidad de restaurar las geoformas originales, mediante un soporte físico adecuado. La necesidad de disposición y enterramiento de los residuos sólidos urbanos (RSU) de localidades cercanas produciría los materiales necesarios para el reacondicionamiento geomorfológico, previa transformación en materiales tratados. El mismo procedimiento podría efectuarse en todos aquellos municipios de las serranías cordobesas en las que se dan condiciones geológicas, geomorfológicas y de aguas y suelos similares.

Palabras clave—calidad para la conservación, residuos sólidos urbanos, geomorfología.

Abstract— A methodology for determining the quality for the conservation of natural resources in a mountainous area near the town of San Agustín has been applied. The aim was to establish a categorization of the different geomorphologic units that allows the definition of various compatible uses to sustainable development of the region. The existence of limestone mines at the studied area causes environmental impact. Remediation tasks need mainly to restore the original landforms through a physical support. The need for disposal and burial of nearby municipal solid waste produce the materials needed for the geomorphologic repair, previous processing and treating of the materials. The same procedure could be performed at the municipalities located in mountains areas in which geological, geomorphological, and soil and water conditions are similar.

Keywords—quality conservation, solid waste, geomorphology.

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos urbanos (RSU) se producen en cantidades tan importantes, que su enterramiento o su quema lleva a la inutilización y a la degradación ambiental de importantes áreas del territorio provincial.

Cada vez que se trata el problema de los RSU se generan situaciones de conflicto social, ya que nadie quiere “tener la basura en su casa”.

Algunas localidades como Bower, han realizado grandes esfuerzos para dejar de constituir el basurero provincial y nuevamente se ve amenazadas por los proyectos del gobierno.

En cada gestión municipal o provincial se destinan nuevas áreas para el enterramiento, o la quema en zonas serranas, de los RSU que se convierten en zonas degradadas

ambientalmente y de elevado riesgo de incendios en las épocas de sequías.

Una gestión integral de los RSU, solo puede hacerse bajo el enfoque de “basura cero”, para reducir la producción de residuos y reciclar y revalorizar la mayor cantidad posible de materiales. La separación en origen, en cada domicilio, de los residuos reciclables de los que no lo son, y su recolección de manera diferenciada, permite generar conciencia ciudadana y puede premiarse con tasas menores en aquellos barrios o localidades donde se cumpla en forma exitosa.

La primera ciudad en aplicar este tipo de legislación fue Canberra, Australia, en 1995 y la ciudad de San Francisco, en Estados Unidos que, con 7.000.000 habitantes también la aplicó al mismo tiempo y logró reducir en un 50% sus residuos urbanos en 10 años.

El problema de los RSU en el “Gran Córdoba” se está tratando a través de un ente que debe manejar las 1400 toneladas diarias de residuos que se entierran en el relleno de Piedras Blancas, y las más de 500 tn que llegan de otras 18 localidades.

Dirección de contacto:

Enrique Quintana Crespo, Tronador 3185 – Parque Capital Sur, X5016KFI. Tel: 351-3073942, equintr@yahoo.com.ar

Los nuevos sitios previstos para futuros enterramientos ocuparán 255 hectáreas ubicadas a 18 km al sur de la ciudad de Córdoba hacia la localidad de Alta Gracia, y 50 has en cercanía de la ciudad de Juárez Celman.

La ciudad de Córdoba genera el 75% de los residuos y los otros 18 municipios del Gran Córdoba, el 25%, es decir que en promedio cada municipio contribuye en menos de un 1,5%. Aplicando el concepto de “basura cero” en cada municipio esta cifra podría reducirse en un 50% y los residuos transformarse en recursos, que compensarían lo que gasta cada municipio en el tratamiento de la basura, generarían empleo calificado para empleados municipales y aumentarían la calidad ambiental del entorno municipal.

La propuesta de reutilización de zonas ya degradadas ambientalmente, como lo son las relacionadas con las actividades extractivas mineras, areneras, viales (yacimientos de suelos para terraplenes), erosión de suelo, “bad lands” etc., se complementa con el concepto de “basura cero” que implica la reducción de la basura y el cambio del concepto de residuo por el de recurso.

Cientos de hectáreas se encuentran degradadas ambientalmente, en cercanías de ciudades, pueblos, villas serranas, etc. La mayoría de los municipios involucrados en el ente de tratamiento de la basura, conjuntamente con la ciudad de Córdoba, presentan sectores comprometidos ambientalmente que pueden reutilizarse y mejorarse ayudando a la resolución del problema de los RSU.

La aplicación de una metodología de conservación de calidad de los recursos naturales basada en el análisis espacial del agua superficial y subterránea, los suelos, las rocas, la vegetación y el paisaje, permite definir distintos rangos de calidad de recursos naturales. (Centeno et al., 1994; Romero et al., 2004).

La base de este tipo de estudio son las unidades geomorfológicas presentes en la zona.

La calidad para la conservación es un concepto que determina los posibles usos del suelo para las unidades geomorfológicas previamente definidas.

La aplicación de la metodología se llevó a cabo en la zona de San Agustín en la Provincia de Córdoba con el fin de determinar la posibilidad de utilización de los sectores degradados por la actividad minera para la deposición de RSU tratados.

La localidad de San Agustín, ubicada a unos 70 km al sur de la ciudad de Córdoba, conjuntamente con la vecina localidad de Las Bajadas y un complejo hotelero ubicado en la Villa San Miguel, ha construido una planta de tratamiento de residuos, ubicada a 5 km del pueblo de casi 4000 habitantes. El volumen de basura está calculado en unas 40 toneladas por semana.

La planta ocupa una hectárea en la que se encuentra un tinglado de 300 metros cuadrados. La basura es recolectada por dos camiones municipales, llevada a la planta y separada en orgánica e inorgánica. Los residuos son descargados en una tolva y circulan por una cinta transportadora, en la que un grupo de empleados los clasifica. Los orgánicos son trasladados a un molino para su trituración y conversión para convertirlo en abono. Los inorgánicos son vendidos para un posterior reciclado.

Los municipios de Tercero Arriba y Calamuchita presentaron un proyecto a los gobiernos nacional y

provincial para crear un vertedero regional de residuos, en un terreno ampliado del actual basural que usa Río Tercero. San Agustín es uno de los pocos municipios de esta región que no adhirió a esa iniciativa y que buscó en cambio su propia planta de tratamiento.

La iniciativa del municipio se puede considerar dentro de una línea de avanzada hacia la solución del problema de los RSU. Parte de conceptos adecuados de recolección diferenciada y reciclado, pero no avanza en la utilización de áreas ya degradadas para la ubicación de las plantas de tratamiento, destinando en cambio un terreno, para cuya ubicación, no se han tenido en cuenta los criterios de conservación de la calidad de los recursos que se exponen en el presente trabajo.

METODOLOGÍA DE CONSERVACIÓN DE CALIDAD DE LOS RECURSOS NATURALES.

Los trabajos llevados a cabo en la zona de San Agustín pueden considerarse ilustrativos para cualquiera de los 18 municipios que integran el ente de tratamiento de la basura del Gran Córdoba, ubicados en las serranías del oeste de la ciudad.

Se resumen a continuación las conclusiones de la aplicación de la metodología de calidad para la conservación, extraída del trabajo de Navarro (2014):

Mediante el análisis geomorfológico se definieron las siguientes unidades (ver Fig. 1):

Unidad Geomorfológica 1:	Plataforma Basculada
Sub unidad SUG 1-1:	Pendiente Oriental
Sub unidad SUG 1-2:	Pendiente Occidental
Unidad Geomorfológica UG2:	Depresión Periférica
Unidad Geomorfológica UG3:	Piedemonte Serrano
Unidad Geomorfológica UG4:	Montañas
Sub unidad SUG 4-1:	Cordón Central
Sub unidad SUG 4-2:	Serranía Noroccidental
Sub unidad SUG 4-3:	Cordón Occidental

Para la definición de las unidades y subunidades geomorfológicas se llevó a cabo un completo análisis cuantitativo centrado en las determinaciones de: altura sobre el nivel del mar, longitud de las pendientes, desnivel en metros y gradiente en por ciento. La Tabla 1 muestra los resultados.

Sobre cada una de las unidades se realizó el estudio de los recursos naturales, a fin de evaluar posteriormente y en conjunto su calidad para la conservación.

GEOLOGÍA

La calidad de la conservación de los distintos cuerpos geológicos encontrados se valoró sobre la base de, su interés científico o didáctico, su singularidad a escala regional y las condiciones de acceso para su observación.

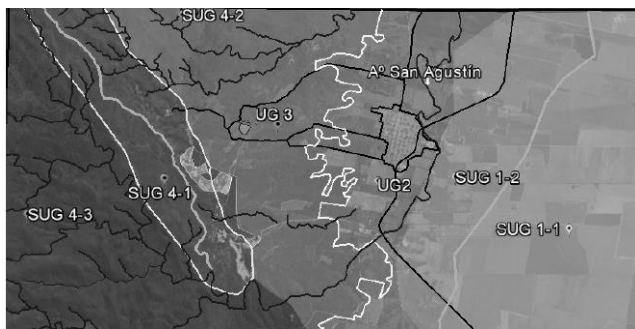


Fig. 1: Unidades geomorfológicas en zona de San Agustín.

En una escala de 5 puntos la puntuación asignada fue la siguiente:

Sedimentos modernos eólicos = 1.

Presenta relieves planos y una gran abundancia en todo el territorio provincial, con buena accesibilidad y posibilidad de estudio en diversos lugares.

Sedimentos de piedemonte = 2.

Relieves ondulados, abundantes en todos los entornos serranos. Buena accesibilidad y posibilidad de estudio en todo el oeste provincial.

Basamento cristalino = 3.

Relieves de montaña, abundantes en toda la zona serrana provincial. Buena accesibilidad. Características de metamorfismo regional particulares.

Cuerpos filonianos anfibolíticos y calcáreos = 4.

Relieves escarpados de acceso restringido. Rocas de gran interés, presentes en escasos lugares del territorio provincial.

Tonalita San Agustín = 5.

Relieves ondulados en zona de llanura. Escasos y poco representados en el territorio provincial. Fácil acceso.

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

De acuerdo a la metodología utilizada, los aspectos geológicos se ponderan con un factor de 1.

En el análisis se han considerado los porcentajes de terreno que cubren cada litología dentro de la respectiva unidad geomorfológica. De tal modo ha quedado conformada la Tabla N° 2.

SUELOS

La información de base para el mapeo se obtuvo de la página web del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

http://geointa.inta.gov.ar/visor/?p=model_suelos.

En la capa de suelos en escala 1:500.000 se distinguieron dos zonas, relacionadas con la geomorfología de serranías hacia el oeste de la Localidad de San Agustín (EPLi-17) y de llanuras hacia el este de la misma (MKtc-2). (Arens y Etcheverhe, 1966; Porta Casanellas et al., 1994).

La valoración de los suelos se llevó a cabo utilizando el Índice de Productividad (IP) de los mismos. (Jarsún et al., 1989).

Asociación de Suelos MKtc-2.

En cuanto a la unidad simbolizada como MKtc-2 que corresponde a la zona de llanura, es una Asociación de

Suelos, es decir una unidad de mapeo que contiene dos o más clases de suelos agrupados.

TABLA 1: Resultados del análisis geomorfológico cuantitativo

	Altura snm		Longitud	Desnivel	Gradiente %	
SUG 1-1	Máx	Mín	km	m	Medio	Máx
Media	581	555	2833	26	1,0	4,2
Desv. Est.	12	5	1390	14	0,4	0,8
SUG 1-2	Máx	Mín	km		Medio	Máx
Media	580	558	1636	22	1,5	4,7
Desv. Est.	12	19	813	10	0,7	1,0
UG 2	Máx	Mín	km		Medio	Máx
Media	562	557	1383	6	0,5	4,9
Desv. Est.	24	20	513	5	0,3	1,6
UG 3	Máx	Mín	km		Medio	Máx
Media	657	562	3008	95	3,4	10,3
Desv. Est.	20	25	1543	40	0,7	2,5
SUG 4-1	Máx	Mín	km		Medio	Máx
Media	815	701	1277	115	8,9	23,3
Desv. Est.	101	59	304	66	5,3	7,8
SUG 4-2	Máx	Mín	km		Medio	Máx
Media	796	658	1320	138	12,1	32,5
Desv. Est.	47	1	905	45	4,9	4,9
SUG 4-3	Máx	Mín	km		Medio	Máx
Media	889	724	2945	165	7,3	10,3
Desv. Est.	27	93	2315	85	2,7	2,5

El orden principal de suelos es de los Molisoles, que cubre el 70% de la unidad, ubicándose en planicies. El Gran Grupo del suelo principal son los argiustoles y el subgrupo del suelo principal los argiustoles típicos. La textura superficial de estos suelos es franco limosa y la subsuperficial franco arcillo limosa.

El suelo secundario que cubre el 30% restante del área, se ubica en zonas de pendientes, tratándose de Molisoles, constituidos por un Gran Grupo de Haplustoles, Subgrupo Haplustoles énticos.

Son propios de áreas semi húmedas, típicamente bajo cobertura de pasturas. El material parental se corresponde en la zona de estudio al loess, es decir el típico sedimento de origen eólico que conforma el subsuelo de la llanura pampeana.

Son suelos profundos, con espesores entre 60 a 80 cm, con alta carga orgánica, enriquecida con nutrientes del suelo de la superficie (horizonte C). Este horizonte superficial fértil, conocido como un epipedón mólico, es el resultado de la adición a largo plazo de materiales orgánicos derivados de raíces de las plantas.

El Índice de Productividad es de 61, presentando como limitación principal la erosión hídrica.

Se extiende principalmente en la parte oriental de la zona de estudio. Cubre el 100% de la plataforma basculada, tanto en su pendiente oriental (19,10 km²), como occidental (10,64 km²), un 96,6% de la depresión periférica (9,15 km²) y un 21% (4,89 km²) del piedemonte serrano.

TABLA 2: Ponderación de la geología en la metodología de calidad para la conservación

U. G.	Geología (x1)
UG 1: Plataforma Basculada	1 x 1 = 1
UG 2: Depresión Periférica	1 x 1 = 1
UG 3: Piedemonte Serrano	0,9864 x 2 x 1 = 1,9728 0,0102 x 4 x 1 = 0,0408 0,0034 x 5 x 1 = 0,1700 2,18
SUG 4-1: Cordón Central	0,749 x 3 x 1 = 2,2474 0,153 x 4 x 1 = 0,612 0,098 x 4 x 1 = 0,3920 3,25
SUG 4-2: Serranía Norcentral	3 x 1 = 3
SUG 4-3: Montañas Occidentales	0,636 x 3 x 1 = 1,908 0,1107 x 4 x 1 = 0,443 0,2534 x 5 x 1 = 1,267 3,62

Tomando como base el valor del Índice de Productividad de 61 de esta unidad, para un máximo correspondiente a la Región Climática I - Subregión E de 80, se puede valorar su calidad para la conservación en base al siguiente esquema (Tabla 3):

TABLA 3: Ponderación de la geología en la metodología de calidad para la conservación

IP	Calidad para la conservación
0 - 20	1
20 - 40	2
40 - 60	3
60 - 80	4
80 - 100	5

A la Asociación MKtc -2 le correspondería un valor de 4.

Complejo de suelos EPLi-17

La unidad simbolizada como EPLi-17, en la cual se encuentran las zonas de explotación minera, es un Complejo de Suelos, es decir una unidad de mapeo en la cual sus miembros no se pueden cartografiar por separado dada la complejidad de sus trazados.

El orden principal de suelos es de los Entisoles, con un Gran Grupo de Ustortentes y un SubGrupo de urtostentes líticos. Son suelos incipientemente formados, con alrededor de un 30% de fragmentos rocosos, que se encuentran sobre el macizo rocoso meteorizado. La mineralogía y otras propiedades que exhiben estos suelos, están muy relacionados con la de las rocas que los subyacen. Son pobres en materia orgánica y los horizontes genéticos se manifiestan en forma muy incipiente, siendo los cambios de color entre los horizontes A y C casi imperceptible. La textura del suelo superficial y subsuperficial es franco arenosa.

Este orden se encuentra fundamentalmente ubicado en zonas escarpadas y constituyen el 40% del área cubierta por el Complejo.

En la unidad se diferencia un componente rocoso constituyendo el 20% de la misma.

El Índice de Productividad es de 6, correspondiendo a suelos con severas a muy severas limitaciones (pendientes y pedregosidad) que restringen su uso a pasturas, forestales, algunos frutales, recreación, conservación de la fauna y regulación del agua. Para estos suelos se justifica la introducción de mejoras en las pasturas (siembra, enclavado, fertilización, zanjas de drenaje, canales derivadores, etc).

Se ubica en el sector occidental, cubriendo toda las zonas de pendientes y valles, en los que no se encuentran afloramientos rocosos. Por lo tanto, podemos encontrar estos suelos en las siguientes unidades:

Piedemonte serrano (23,24 km²), al oeste de la línea de separación de la Asociación de suelos Mktc-2 que cubre 4,89 km² en esta unidad geomorfológica, con excepción de aquellos sectores en los que aflora la Tonalita San Agustín (0,08 km²) y los afloramientos de calcáreos (0,24 km²). De esta forma se calcula que el complejo abarca una superficie de 18,03 km² (77,58%).

Serranía norcentral (2,59 km²): 100%

Cordón central (10,23 km²): cubre todo el sector donde no afloran los calcáreos que están siendo o han sido objeto de explotación minera (1,57 km²) y los filones anfibolíticos (1,00 km²), abarcando una superficie de 7,66 km², igual al 74,9% de la superficie.

Montañas occidentales (13,55 km²): cubre todo el sector menos los afloramientos rocosos de la Tonalita Calmayo (3,43 km²) y de los filones anfibolíticos (1,50 km²), abarcando una superficie de 8,62 km², representando un 63,6%.

La calidad para la conservación determinada en base a su Índice de productividad de 6, se fija en 1. (Tabla 3).

De acuerdo a la metodología en uso, los suelos se ponderan con un factor de 1.

En el análisis se han considerado los porcentajes de terreno que cubren cada unidad de suelos, dentro de la respectiva unidad geomorfológica. De tal modo se ha conformado la Tabla N° 4.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

En toda la zona de estudio, el agua subterránea se encuentra conformando una primera capa (freática), producto de la infiltración directa del agua de lluvia, que se encuentra entre los 10 y 15 mts. de profundidad. La capa freática presenta cuencas que siguen la forma superficial del terreno.

La vulnerabilidad se evaluó en base a la metodología de Foster e Hirata (1988), que parte del principio de considerar que el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas surge de la combinación de dos aspectos:

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, debido a las características naturales de los materiales del subsuelo que lo separan de la superficie y,

La carga contaminante que pueda ser aplicada al subsuelo por la actividad antrópica.

TABLA 4: Ponderación de los suelos en la metodología de calidad para la conservación

U. G.	Vi * Pi Suelos (x1)
UG 1: Plataforma Basculada	1 x 4 x 1 = 4
UG 2: Depresión Periférica	0,966 x 4 x 1 = 3,86 0,034 x 1 x 1 = 0,034 3,89
UG 3: Piedemonte Serrano	0,21 x 4 x 1 = 0,81 0,77 x 1 x 1 = 0,77 0,02 x 0 x 1 = 0 1,58
SUG 4-1: Cordón Central	0,75 x 1 x 1 = 0,75 0,25 x 0 x 1 = 0 0,75
SUG 4-2: Serranía Norcentral	1 x 1 x 1 = 1
SUG 4-3: Montañas Occidentales	0,66 x 1 x 1 = 0,66 0,34 x 0 x 1 = 0,34 0,66

Vulnerabilidad del acuífero

Esta metodología pondera ciertas variables para conformar un índice cualitativo que permite calificar a la vulnerabilidad en diversos grados. Ellas son:

1. Carácter hidráulico del acuífero: incluye las características de confinamiento del acuífero, en relación con la presión atmosférica (para la capa freática) o con presiones hidráulicas (para acuíferos surgentes o semisurgentes).

2. Litología de la zona no saturada: el análisis del material rocoso que se encuentra por encima del acuífero se realiza teniendo en cuenta las condiciones de consolidación, fisuración, etc., del sustrato litológico.

3. Profundidad del nivel del acuífero. Existe una relación directa entre la posibilidad de llegada de los contaminantes al acuífero y su profundidad.

El Índice de vulnerabilidad se calcula como el producto de los siguientes factores:

$$\text{Índice de Vulnerabilidad} = G * O * D$$

Dónde:

G = (Ground water occurrence)

Confinamiento del acuífero (Puntuación de 0 a 1)

O = (Overall acuífer class)

Litología de la zona no saturada (Puntuación de 0,2 a 1)

D = (Depth)

Profundidad del acuífero (Puntuación de 0,3 a 1)

El factor suelo es un parámetro esencial, no tenido en cuenta en el método GOD, que considera la capacidad de

atenuación, sobre todo de los agroquímicos, en base a las distintas texturas.

Tipo de Suelos	Índice
Suelos arenosos	0,9
Suelos limosos	0,8
Suelos arcillosos	0,3

Las diferentes unidades geomorfológicas que constituyen la base para el análisis del sitio de estudio, fueron consideradas teniendo en cuenta la escala de vulnerabilidad definida en el trabajo de Foster e Hirata (1991):

- 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

Aplicación de la Metodología GOD.

En el área de estudio pueden definirse diversas cuencas subterráneas, donde el agua freática va siguiendo las formas del terreno. Fig. 2.

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.

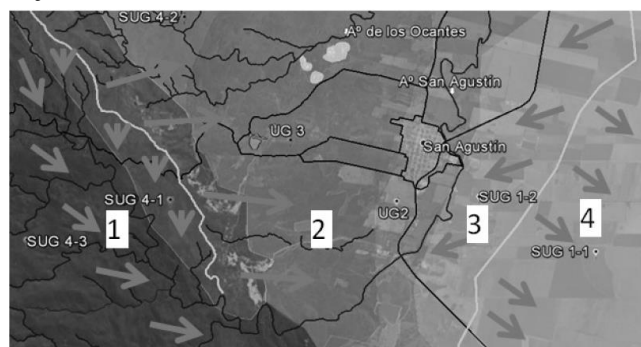


Fig. 2: Cuencas subterráneas en zona de San Agustín.

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

UG 1: Plataforma basculada

Presenta un acuífero freático a 10 mts. de profundidad, que se desarrolla dentro de un subsuelo de sedimentos modernos de origen eólico. Tabla 5.

TABLA 5: Condiciones del acuífero libre en UG1.

Tipo de Acuífero	Índice
Libre	1
Profundidad = 10 m	0,7
Subsuelo de sedimentos eólicos	0,5
Vulnerabilidad	0,35
Grado de Vulnerabilidad:	3 - Moderada

UG2 - Depresión Periférica

Similar en el análisis a la Plataforma Basculada, presenta un acuífero freático a 10 mts. de profundidad, que se desarrolla dentro de un subsuelo de sedimentos modernos de origen eólico. Tabla 6.

TABLA 6: Condiciones del acuífero libre en UG2

Tipo de Acuífero	Índice
Libre	1
Profundidad = 10 m	0,7
Subsuelo de sedimentos eólicos	0,5
Vulnerabilidad	0,35
Grado de Vulnerabilidad:	3 - Moderada

UG3 - Piedemonte Serrano

Presenta un acuífero freático a 10 mts. de profundidad, que se desarrolla dentro de un subsuelo de sedimentos arenosos de origen coluvial. Tabla 7.

SUG4 - Montañas

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. Tabla 8.

TABLA 7: Condiciones del acuífero libre en UG3

Tipo de Acuífero	Índice
Libre	1
Profundidad = 10 m	0,7
Subsuelo de sedimentos arenosos coluviales	0,6
Vulnerabilidad	0,42
Grado de Vulnerabilidad:	3 - Moderada

TABLA 8: Condiciones del acuífero libre en UG4

Tipo de Acuífero	Índice
Libre	1
Profundidad = 10 m	0,7
Subsuelo de rocas ígneas y metamórficas	0,63
Vulnerabilidad	0,44
Grado de Vulnerabilidad:	3 - Moderada

De acuerdo a los datos que se muestran en las tablas anteriores, se puede realizar la ponderación de la vulnerabilidad de los acuíferos. Tabla 9.

TABLA 9: Ponderación de la vulnerabilidad de los acuíferos en la metodología de Calidad para la Conservación

U. G.	Vi * Pi	Vulnerabilidad de Acuíferos (x2)
UG 1: Plataforma Basculada		3 x 2 = 6
UG 2: Depresión Periférica		3 x 2 = 6
UG 3: Piedemonte Serrano		3 x 2 = 6
UG 4: Montañas		3 x 2 = 6

VEGETACIÓN

Valor de la vegetación en base a su singularidad y densidad.

La vegetación se distribuye a lo largo del gradiente altitudinal formando pisos o "zonas de vida", que se encuentran modificadas por la actividad antrópica. 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 presentando distintas fisonomías debidas a la heterogeneidad propia de esos ambientes y a las alteraciones provocadas por las actividades humanas. Por arriba de las comunidades de bosque y matorral serranos, a partir de los 1.000 metros de altitud, se presentan los pastizales y bosquesillos de altura.

Se valora con mayor puntuación a la presencia de especies protegidas, singulares y la existencia de una alta densidad de elementos vegetales. La menor puntuación es para las unidades sin elementos singulares y de baja densidad.

Contraste cromático de la vegetación dentro de la unidad.

Para determinar el valor de la vegetación del entorno, se tienen en cuenta, tanto su singularidad y densidad, como su contraste cromático. Ambos aspectos, además de realzar la calidad visual de la unidad, consideran la existencia de especies nativas protegidas.

Los criterios para decidir la necesidad de conservación, de distintas formaciones vegetales son variables.

En general, se aceptan los criterios de: naturalidad (medida del grado de adaptación de la vegetación al medio), productividad (valor económico potencial del uso de la vegetación) y singularidad (pondera la escasez, elemento que aumenta el valor de la vegetación).

En función de ellos, se debe aplicar a cada unidad geomorfológica, un valor de 1 a 4, en función de la vegetación predominante, según los siguientes grupos (a mayor número; mayor calidad para la conservación)

- 1 – Agricultura extensiva
- 2 – Vegetación alóctona
- 3 – Pastizales de altura (a partir de los 1000 mts)
- 4 – Bosques Serranos

De acuerdo a la metodología aplicada, los aspectos de la vegetación, se ponderan con un factor de 1. En el análisis se han considerado los porcentajes de terreno que cubren cada unidad de suelos, dentro de la respectiva unidad geomorfológica. De tal modo se ha conformado la Tabla 12.

PAISAJE

La percepción de la belleza paisajística, es un concepto de difícil evaluación de modo que, se encuentra sujeto a la sensibilidad del investigador. El método consiste en desglosar el paisaje, en una serie de parámetros perceptuales simples, cuya valoración sea relativamente sencilla.

Para cada uno de los parámetros, se han distinguido una serie de tipos a los cuales se les han asignado un valor en una escala de 5 términos, tanto en lo que se refiere a calidad como a fragilidad.

Se entiende por calidad, al 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 las actividades humanas.

A continuación se enumeran los parámetros considerados y luego se les adjudicarán los valores de Calidad (C) y Fragilidad (F).

A cada unidad geomorfológica se le asigna un valor de calidad y otro de fragilidad.

Relieve y complejidad topográfica

Las unidades geomorfológicas definidas (Tabla 1) presentan los siguientes gradientes medios y máximos en base a los cuales se obtiene el Relieve y Complejidad Topográfica.

Para realizar la división en los 5 tipos de relieves que utiliza la clasificación y adaptarla al entorno geomorfológico de la zona de estudio, puede establecerse como criterio, el valor mayor de gradiente medio y dividirlo por cinco. En este caso quedaría: $12,1 : 5 = 2,42$ (Tabla 10).

La matriz para ponderación del Relieve y la Complejidad Topográfica se puede observar en la Tabla 11.

Desnivel

El desnivel, considerado como la diferencia en metros entre la altura máxima y mínima sobre el nivel del mar, fue calculado en el análisis geomorfológico.

A continuación se resumen los valores. Tabla 12.

TABLA 10: Parámetros de Calidad y Fragilidad para Relieves y Complejidad Topográfica.

C – F	Gradiente %	
1 – 1	0 – 2,42	Llanuras
2 – 2	2,42 – 4,84	Lomas, laderas suaves
3 – 3	4,84 – 7,26	Montes de relieve moderado
4 – 4	7,26 – 9,68	Elevaciones y relieves prominentes
5 – 5	9,68 – 12,1	Karst, barrancas y zonas acarcavadas

TABLA 11: Matriz de ponderación para Relieve y Complejidad Topográfica.

U. G.	Gradiente Medio (%)	Gradiente Máximo (%)	Relieve y Complejidad Topográfica (C/F)
SUG 1-1	1	4,2	1/1
SUG 1-2	1,5	4,7	1/1
UG 2: Depresión Periférica	0,5	4,9	1/1
UG 3: Piedemonte Serrano	3,4	10,3	2/2
SUG 4-1: Cordón Central	8,9	23,3	4/4
SUG 4-2: Serranía Norcentral	12,1	32,5	5/5
SUG 4-3: Montañas Occidentales	7,3	10,3	4/4

TABLA 12: Calidad y Fragilidad en función del Desnivel.

Desnivel	C – F
De 0 a 25 mts.	1 - 1
De 25 a 75 mts.	2 - 2
De 75 a 150 mts.	3 - 3
De 150 a 300 mts.	4 - 4
Más de 300 mts.	5 - 5

La matriz para ponderación de los desniveles en cada unidad geomorfológica arroja la situación que puede observarse en la Tabla 13.

Vegetación y usos del suelo

La metodología de Calidad para la Conservación establece la siguiente escala de valores de Calidad y Fragilidad para la Vegetación: Pastizales, matorrales, agricultura extensiva C/F = 1 – 1; Secano (algarrobos, chañares, coníferas) C/F = 2 – 2; Huertas y frutales C/F= 3 – 5; Monte de repoblación joven C/F = 4 – 3; Monte

autóctono o de repoblación antigua, bosque denso. C/F = 5 - 2.

TABLA 13: Calidad y Fragilidad en función del Desnivel, para cada unidad geomorfológica.

U. G.	Desnivel (m)	Desnivel C/F
SUG 1-1	26	2/2
SUG 1-2	22	1/1
UG 2: Depresión Periférica	6	1/1
UG 3: Piedemonte Serrano	95	3/3
SUG 4-1: Cordón Central	115	3/3
SUG 4-2: Serranía Norcentral	138	4/4
SUG 4-3: Montañas Occidentales	165	4/4

En las Sub unidades geológicas SUG 1-1 y SUG 1-2, situadas en la zona oriental del mapa geológico, se observa el desarrollo de la actividad agrícola en forma extensiva, con predominio del cultivo de soja y maíz. Estos campos se destacan por sus grados de diferencias de color, de luces y sombras, es decir por, la cromaticidad, que se puede observar a través de las imágenes satelitales.

De acuerdo a este análisis, los valores para estos parámetros en C y F son de 1-1 correspondiente a agricultura extensiva.

En la unidad geológica UG 2: Depresión Periférica; situada en el centro, se encuentra la ciudad de San Agustín, que ocupa aproximadamente 1 km² de superficie. Al norte de la misma, se destaca una zona de campos con agricultura extensiva y al sur de la misma una zona de bosque serrano colindante con el piedemonte y que corresponde a una superficie de 0,41 Km².

Se le asignan valores de C y F de 2-2, debido a la presencia de vegetación de secano como algarrobos, chañares y coníferas entre otros.

La unidad geológica UG 3: Piedemonte Serrano, abarca una gran superficie, algunos campos de cultivo, se encuentran entremezclados con bosque serrano.

Se distinguen zonas de explotación minera abandonadas, en las cuales la vegetación, ha originando montes de repoblación joven.

Los valores de vegetación y usos del suelo de C y F son de 4 - 3 respectivamente, correspondientes a montes de repoblación joven.

En la sub unidad geológica SUG 4-1: Cordón Central, se encuentra el mayor emprendimiento minero de San Agustín, correspondiente a la explotación de dolomita principalmente. Estos desarrollos mineros, están posicionados desde la línea divisoria de aguas hacia el Oriente, correspondientes a las 3 canteras descriptas en el mapa geológico.

Grandes extensiones de bosque autóctono, rodean las canteras, las cuales se distinguen como manchas blancas examinadas a través del software Google Earth.

Hacia el Occidente de la línea divisoria de aguas, el bosque nativo denso, domina el paisaje. Los valores de C y F son de 5 - 2.

En las sub unidades SUG 4-2: Serranía Norcentral y SUG 4-3: Montañas Occidentales, ubicadas en la parte norte y occidental del mapa geológico, se identifican los montes de repoblación antigua, surcados por ríos y arroyos, valorados tanto por su variedad en especies nativas, como por su densidad.

Los valores hallados se resumen en la Tabla 14.

TABLA 14: Calidad y Fragilidad de la Vegetación en la metodología de Calidad para la Conservación

U. G.	C/F
SUG 1-1	1/1
SUG 1-2	1/1
UG 2: Depresión Periférica	2/2
UG 3: Piedemonte Serrano	4/3
SUG 4-1: Cordón Central	5/2
SUG 4-2: Serranía Norcentral	5/2
SUG 4-3: Montañas Occidentales	5/2

La ponderación de la vegetación debe efectuarse considerando la superficie ocupada por los distintos tipos, en cada una de las unidades geomorfológicas. Tabla 15.

Presencia de masas de agua

La subunidad SUG 1-1, es una superficie cubierta totalmente por campos de cultivo y no posee presencia de masas de agua, por lo cual los valores de C y F son de 1 - 1 respectivamente

La subunidad SUG 1-2, está al oeste de la SUG 1-1, presentando el mismo relieve que la anterior, pero su parte más occidental, está surcada por el Arroyo San Agustín, los valores de C y F serán de 3 - 3.

La subunidad UG 2: Depresión Periférica, está recorrida en toda su extensión por el Arroyo San Agustín, el más importante dentro del área de estudio, cuyas aguas aportan su caudal, al río Los Molinos, el cual desemboca en el embalse del Dique Los Molinos (que está fuera del sector de estudio).

La utilización de canales o acequias para riego, es otra de las opciones usadas por la población. Los valores de C y F serán de 3-3, justificando la presencia de masas de agua.

En la subunidad UG 3: Piedemonte Serrano, se encuentra situado al norte, el Arroyo de los Ocantes, diferentes pequeños arroyos atraviesan la parte central y al sur, el Arroyo San Agustín. Los valores de C y F serán de 3-3.

En cuanto a las subunidades SUG 4-1: Cordón Central, SUG 4-2: Serranía Norcentral y SUG 4-3: Montañas Occidentales, están recorridas por chorrillos y arroyos que bajan a gran velocidad de las montañas, varios de ellos son estacionales. La valoración para estos será C y F 3-3.

Parámetros de Calidad y Fragilidad para masas de agua:

Unidad sin agua: C/F = 1/1; Unidad con ríos, arroyos, canales o acequias C/F = 3 - 3; Unidad con embalse o laguna o zona encharcada: C/F = 5 - 5.

TABLA 15: Ponderación de la Vegetación en la metodología de Calidad para la Conservación

U. G.	Vegetación (x1)
UG 1: Plataforma Basculada	$1 \times 1 \times 1 = 1$
UG 2: Depresión Periférica	$0,97 \times 1 \times 1 = 0,97$ $0,03 \times 0 \times 1 = 0$ $0,41 \times 4 \times 1 = 1,64$ 2,61
UG 3: Piedemonte Serrano	$0,21 \times 2 \times 1 = 0,42$ $0,77 \times 0 \times 1 = 0$ $0,02 \times 0 \times 1 = 0$ 0,42
SUG 4-1: Cordón Central	$0,75 \times 4 \times 1 = 3$ $0,25 \times 0 \times 1 = 0$ 3
SUG 4-2: Serranía Norcentral	$1 \times 4 \times 1 = 4$
SUG 4-3: Montañas Occidentales	$0,66 \times 4 \times 1 = 2,64$ $0,34 \times 0 \times 1 = 0$ 2,64

Matriz de ponderación para masas de agua. Tabla 16

TABLA 16: Calidad y Fragilidad en base a la presencia de masas de agua en las unidades geomorfológicas.

U. G.	C/F
SUG 1-1	1/1
SUG 1-2	3/3
UG 2: Depresión Periférica	3/3
UG 3: Piedemonte Serrano	3/3
SUG 4-1: Cordón Central	3/3
SUG 4-2: Serranía Norcentral	3/3
SUG 4-3: Montañas Occidentales	3/3

Infraestructura y población

Las subunidades SUG 1-1 y SUG 1-2 están formadas por campos de cultivo como ya se había descrito anteriormente en vegetación y usos del suelo. Algunos puestos de estancias, construcciones dispersas pueden identificarse en esta superficie e importantes áreas donde la edificación es inexistente. La valoración de este parámetro es de 5-5.

En la subunidad UG 2: Depresión Periférica, está ubicado el asentamiento poblacional más grande de la zona y cabecera del Departamento Calamuchita. Es la ciudad de San Agustín que cuenta con 2870 habitantes según el censo de 2001 y es una de las poblaciones más antiguas de la Provincia.

Fue paso del camino real de Córdoba a Chile y la Región Cuyana, y se convirtió en Posta para los viajeros

La Iglesia de San Agustín es, después de la Catedral, la madre de todas las iglesias de la Provincia de Córdoba, ya que fue edificada en el año 1680, según consta en libros escritos a mano. La torre sur del campanario del frente del templo, es el punto geocéntrico del Valle de Calamuchita.

La economía fue puramente ganadera; la minería, a pesar de lo antiguo de las primeras explotaciones, recién a comienzos de 1900 inicia un empuje significativo con la extracción de mármol, cal y piedra para diversas construcciones. En 1905, con la llegada de los inmigrantes, se aceleran los desmontes en la zona este, dejando miles de hectáreas de excelentes tierras para la práctica de la agricultura, donde se siembra y cosecha trigo, maíz y soja.

En 2006, es una localidad de 3.000 hab.; urbanizada, riquezas mineras, ganadería, agricultura y algunas industrias como la de fundición en aluminio de autopartes, dando mano de obra a sus habitantes. Tiene escuelas de distintos niveles, hospital público, excelente agua potable y servicios de energía eléctrica, calles asfaltadas, parques, paseos y balnearios naturales, los que enmarcados en la belleza que le otorgan las sierras, permiten considerar a San Agustín como una localidad privilegiada. La valoración para este parámetro es de 3-3.

En la subunidad UG 3: Piedemonte Serrano, es una zona rural, con construcciones escasas, en cuyo recorrido se ha tomado la muestra de agua de un pozo artesiano, ubicado en una vivienda particular. Un horno de cal abandonado, muestra lo que fue en algún momento, un lugar de trabajo para los lugareños y algunos criaderos de ganado caprino contiguos a pequeñas construcciones. Los valores de C y F serán de 4-4.

En cuanto a la subunidad SUG 4-1: Cordón Central, se halla la mayor concentración de explotación de calcáreos del territorio. Hay 3 empresas mineras radicadas en la localidad, Canteras Calderón, Canteras Santa Rita y Canteras San Agustín, aunque la explotación de cal subsiste, pero ha ido perdiendo terreno, en relación a otros productos y a la producción que se realiza en San Juan a menor costo de mano de obra.

La cal es un producto que no deja grandes márgenes de ganancia, es un trabajo insalubre y mal pago, por lo cual algunas empresas se dedican a materiales pétreos para la pavimentación. La valoración de C y F será de 2-2

La subunidad SUG 4-2: Serranía Norcentral, no presenta edificaciones dispersas, ni zonas industriales o canteras, por lo cual, la valoración de C y F será 5-5.

En la zona de SUG 4-3: Montañas Occidentales, se encuentra Villa Uriburu, una pequeña comarca con algunas casas y una Estancia con valor histórico, La Estancia Santa Rita, con su capilla de piedras, es el paso obligado entre San Agustín y Villa General Belgrano, ubicada en el valle intermontano de las Sierras Chicas. La valoración para estos será C y F= 4-4.

Parámetros de Calidad y Fragilidad para infraestructura y población: Zonas industriales semiurbanas, canteras y vertederos. C y F= 2 – 2; Zona rural con poblaciones y edificaciones abundantes y zonas con urbanizaciones alta densidad. C y F= 3 – 3; Zona rural con pueblos y edificaciones dispersas y urbanizaciones de baja densidad integradas. C y F= 4 – 4; Construcciones dispersas, escasas e inexistentes. C y F= 5 – 5.

De acuerdo a los datos considerados se resume la situación en la Tabla 17.

TABLA 17: Calidad y Fragilidad en base a Infraestructura y Población en las unidades geomorfológicas.

U. G. Infraestructura y Población	C/F
SUG 1-1	5/5
SUG 1-2	5/5
UG 2: Depresión Periférica	3/3
UG 3: Piedemonte Serrano	4/4
SUG 4-1: Cordón Central	2/2
SUG 4-2: Serranía Norcentral	5/5
SUG 4-3: Montañas Occidentales	4/4

Accesibilidad

La Ruta Nacional N° 36, es la que une a las dos mayores ciudades de la provincia de Córdoba, su capital y Río Cuarto. Esta conexión vial favorece la conectividad de San Agustín con Almafuerde, Los Cóndores y Berrotarán, como así también con Río Tercero, a través de la Ruta Provincial N° 6. A pesar de la menor distancia, los 21,7 Km. de camino de tierra consolidada que separan a San Agustín de la Ruta Provincial N° 5 hacen que las vinculaciones con otros centros de los Valles de Calamuchita y Paravachasca sean menores.

Las subunidades SUG 1-1, SUG 1-2; son atravesadas por sectores parcialmente por la Ruta N 36, presentando además, caminos complementarios y secundarios de acceso a los campos. La valoración de F será de 5.

La UG 2; es la zona más poblada, la que necesita mayor comunicación por su desarrollo industrial y agropecuario, surcada por rutas Provinciales, complementarias, Nacionales, caminos Históricos como el Camino Real y caminos secundarios.

En su mayoría, no están asfaltados, siendo el caso de la ruta Provincial 5, que no es muy usada, salvo en casos de actividades deportivas y turísticas. La valoración de F será de 5.

La UG 3; es aledaña a la UG 2, por lo cual contiene caminos secundarios, caminos para tránsito pesado, las rutas Provinciales N° 5 y N° 365, todas atraviesan la parte central de la zona, permitiendo el acceso del transporte a las canteras. La valoración de F será de 5.

La SUG 4-1, es la zona de canteras, rodeada de caminos secundarios y vecinales, cruzada en su parte central, por la ruta Provincial N° 5. La Valoración de F será de 5.

La SUG 4-3 es la inmediata a la SUG 4-1, y recibe la continuación de la ruta Provincial N° 5 que atraviesa la Estancia Santa Rita para perderse en las sierras hacia Villa General Belgrano. También se encuentran algunos caminos vecinales.

La valoración para la F es de 5.

La SUG 4-2 es la única que no tiene caminos y es adyacente a las anteriores, por lo cual, la valoración para la F es 3.

Parámetros de Fragilidad para Accesibilidad: Unidades que tienen caminos provinciales. F = 5; Unidades que contienen otros caminos (secundarios y vecinales). F = 4; Unidades adyacentes a las anteriores F = 3; Unidades sin caminos, no adyacentes a otras con caminos locales; F = 2,1.

La aplicación para cada unidad geomorfológica se muestra en la Tabla 18.

TABLA 18: Calidad y Fragilidad en base a Accesibilidad en las unidades geomorfológicas.

U. G.	Accesibilidad
SUG 1-1	5
SUG 1-2	5
UG 2: Depresión Periférica	5
UG 3: Piedemonte Serrano	5
SUG 4-1: Cordón Central	5
SUG 4-2: Serranía Norcentral	3
SUG 4-3: Montañas Occidentales	5

Incidencia visual

La calidad del paisaje es un concepto intuitivo y en general personal, que viene expresado por la combinación armónica de la disposición de formas, volúmenes, colores en relación con los cánones de belleza que se manejan al uso. Muchos paisajes son el escenario de las actividades humanas, de modo que se presentan como objeto de admiración y agrado a la vez que producen sentimientos y emociones profundas más allá de lo estético. Las variaciones altitudinales: cuando existe más de 250 metros de desnivel entre la cota inferior y la superior, la variabilidad de las condiciones ambientales está asegurada, lo que implica un aumento de la calidad visual, no obstante, se han realizado distintos esquemas sistemáticos para evaluar la calidad de un paisaje, entre ellos podemos mencionar el realizado por M. Escribano y col. (1987).

Según propone, la valoración estética de un paisaje incluye la valoración de tres elementos de percepción:

La calidad visual intrínseca del punto desde el que se realiza la observación es el mérito o valor del recurso visual que según cada caso, pueden alcanzar interés o no para ser conservado. Los valores están constituidos por aspectos naturales como formas de relieve, cubierta del suelo, agua superficial, grado de antropización, singularidades y rarezas naturales con incidencia visual notable, debido a ciertos elementos fisiográficos presentes, la vegetación y a los elementos culturales de carácter histórico - patrimonial.

La calidad visual del entorno inmediato, evalúa las características naturales que se observan hasta una distancia de unos setecientos metros, señalando la posibilidad de observación de elementos visualmente atractivos

La calidad del fondo escénico, estima la calidad del fondo visual del paisaje considerando aspectos como altitud, vegetación, agua y singularidades geológicas.

Parámetros de Fragilidad para incidencia visual:

Relieve positivo (resaltes, cerros, montes) F=5;Relieve neutro (llanuras, mesetas) F=3;Relieves negativos (valles vaguadas) F=1 .

La aplicación para cada unidad geomorfológica se muestra en la Tabla 19.

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.

TABLA 19: Calidad y Fragilidad en base a la Incidencia Visual en las unidades geomorfológicas.

U. G.	Relieve	F
SUG 1-1	Neutro	3
SUG 1-2	Neutro	3
UG 2: Depresión Periférica	Negativo	1
UG 3: Piedemonte Serrano	Positivo	5
SUG 4-1: Cordón Central	Positivo	5
SUG 4-2: Serranía Norcentral	Positivo	5
SUG 4-3: Montañas Occidentales	Positivo	5

Procedimiento para la evaluación del Paisaje.

Una vez analizados todos los parámetros de calidad y fragilidad en todas las unidades geomorfológicas, se procede a efectuar la evaluación del paisaje teniendo en cuenta que este es un índice complejo. A su vez se realizará la ponderación con la aplicación de los siguientes pesos: Complejidad Topográfica C = 3; Complejidad Topográfica e Incidencia visual F = 3; Vegetación, Usos e Infraestructura C = 2; Vegetación, Usos, Masas de Agua y Accesibilidad F = 2; Desniveles, Presencia de Masas de Agua C = 1; Desniveles e Infraestructura F = 1.

El cálculo de los índices de calidad (Vc) y fragilidad (Vf) con los cuales se determinará finalmente la Calidad Total del paisaje (Cp), se efectúa según la expresión:

$$Vc = \sum Pi \times Vi / \sum Pi$$

Donde: “Pi” es el peso del parámetro “i”

$$Vf = \sum Pi \times Vi / \sum Pi$$

Donde: “Vi” el valor del parámetro “i”.

Calidad Total del Paisaje.

Este parámetro se obtiene por combinación de los índices de calidad y fragilidad, según la expresión:

$$Cp = (2 Vc + Vf) / 3$$

Se considera a la Calidad del paisaje como un factor más determinante que la Fragilidad (Factor 2 para Vc). Tabla 20.

TABLA 20: Valores de Vc, Vf y Cp

U. G.	Vc	Vf	Cp
SUG 1-1	2,00	2,36	2,12
SUG 1-2	2,11	2,57	2,26
UG 2: Depresión Periférica	1,90	2,14	1,98
UG 3: Piedemonte Serrano	3,11	3,57	3,26
SUG 4-1: Cordón Central	3,90	3,93	3,91
SUG 4-2: Serranía Norcentral	4,33	3,71	4,12
SUG 4-3: Montañas Occidentales	4,11	3,93	4,05
Promedio			3,10
Desviación Estándar			0,96

Con los valores obtenidos en Cp, se efectuó la categorización de las unidades geomorfológicas, utilizando la media (Cpm) y la desviación estándar (Scp) del conjunto de las unidades, y de acuerdo a la metodología para la determinación de la Calidad para la Conservación. Tabla 21.

TABLA 21: Categorización en función del valor de Cp

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

Los valores calculados son: $Cpm = 3,10$; $Scp = 0,96$; $(1,25 * Scp) = 1,20$; $(0,75 * Scp) = 0,72$

Con estos valores se confeccionan los rangos de valores de Calidad Total y determinación de la Categoría. Tabla 22.

TABLA 22: Rangos y Categoría de calidad total.

Rango de valor de Cp	Categoría
$Cp \leq 1,90$	0
$1,90 < Cp \leq 2,38$	1
$2,38 < Cp \leq 3,10$	2
$3,10 < Cp \leq 3,82$	3
$3,82 < Cp \leq 4,30$	4
$4,30 \leq Cp$	5

PUNTOS SINGULARES

Conjuntamente con la Geología, Suelos, Aguas y Paisaje se analizaron los Puntos Singulares, los cuales se consideran como elementos mejorantes de la calidad. Por cada Punto Singular, se suma un punto en la valoración de la unidad geomorfológica en la que se encuentra. Para la zona de estudio se puede considerar a la Iglesia de San Agustín, como el único punto singular dentro de la Unidad Geomorfológica U.G. 2.

INTEGRACIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD PARA LA CONSERVACIÓN

La evaluación ponderada de las distintas variables analizadas (Geología x 1; Suelos x 1; Vegetación x 1; Aguas x 2; Calidad del Paisaje x 3) permite obtener el valor para la conservación Vcc. Tabla 23.

Una vez obtenido el valor para la conservación de cada unidad geomorfológica Vcc, se asignó un valor en una escala de 1 a 5. Para ello se calculó la media, Vccm y la desviación estándar, Scc y se clasificó según el listado de Tabla 24. El valor promedio de los Vcc es $Vccm = 19,94$ y la desviación estándar $Scc = 5,62$.

Esta categorización es el valor final de la Calidad para la Conservación. Tabla 25.

TABLA 23: Cálculo de Vcc.

U. G.	Vi * Pi	G (x1)	S (x1)	V (x1)	VA (x2)	Cp (x3)	PS (n)	Vcc
SUG 1-1		1,00	4,00	1,00	6,00	3		15
SUG 1-2		1,00	4,00	1,00	6,00	3		15
UG 2		1,00	3,89	2,61	6,00	0	1	14,5
UG 3		2,18	1,58	0,42	6,00	9		19,2
SUG 4-1		3,25	0,75	3,00	6,00	9		22
SUG 4-2		3,00	1,00	4,00	6,00	15		29
SUG 4-3		3,62	0,66	2,64	6,00	12		24,9

TABLA 24: Categorización en función del valor de Vcc

Rango de valor de Vcc	Categoría
$V_{cc} \leq V_{ccm} - 1,25 S_{cc}$	0
$V_{ccm} - 1,25 S_{cc} < V_{cc} \leq V_{ccm} - 0,75 S_{cc}$	1
$V_{ccm} - 0,75 S_{cc} < V_{cc} \leq V_{ccm}$	2
$V_{ccm} < V_{cc} \leq V_{ccm} + 0,75 S_{cc}$	3
$V_{ccm} + 0,75 S_{cc} < V_{cc} \leq V_{ccm} + 1,25 S_{cc}$	4
$V_{ccm} + 1,25 S_{cc} \leq V_{cc}$	5

TABLA 25: Cálculo de la Calidad para la Conservación Vcc

Rango de valor de Vcc de la unidad	Categoría
$V_{cc} \leq 12,91$	0
$12,91 < V_{cc} \leq 15,72$	1
$15,72 < V_{cc} \leq 19,94$	2
$19,94 < V_{cc} \leq 24,15$	3
$24,15 < V_{cc} \leq 26,96$	4
$26,96 \leq V_{cc}$	5

Efectuando el análisis para cada unidad geomorfológica se obtiene el esquema final de la Tabla 26.

La calidad para la conservación se incrementa desde el sector oriental en el que se encuentran las llanuras, hacia el sector occidental que comprende la zona serrana, en la

cual se dan los mejores paisajes y existe un menor uso del suelo.

TABLA 26: Categoría de Calidad para la Conservación para las UG.

U. G.	Categoría
SUG 1-1	1
SUG 1-2	1
UG 2: Depresión Periférica	0
UG 3: Piedemonte Serrano	3
SUG 4-1: Cordón Central	3
SUG 4-2: Serranía Norcentral	5
SUG 4-3: Montañas Occidentales	4

TABLA 27: Resultados del Cálculo de la Calidad para la Conservación en la zona de estudio. Geología (G); Suelos (S); Vegetación (V); Vulnerabilidad de Acuíferos (VA); Calidad Paisajística (Cp); Puntos Singulares (PS).

U. G.	Vi * Pi	G (x1)	S (x1)	V (x1)	VA (x2)	Cp (x3)	PS (n)	CAT
SUG 1-1		1,00	4,00	1,00	6,00	3		I
SUG 1-2		1,00	4,00	1,00	6,00	3		I
UG 2		1,00	3,89	2,61	6,00	0	1	I
UG 3		2,18	1,58	0,42	6,00	9		II
SUG 4-1		3,25	0,75	3,00	6,00	9		III
SUG 4-2		3,00	1,00	4,00	6,00	15		V
SUG 4-3		3,62	0,66	2,64	6,00	12		IV

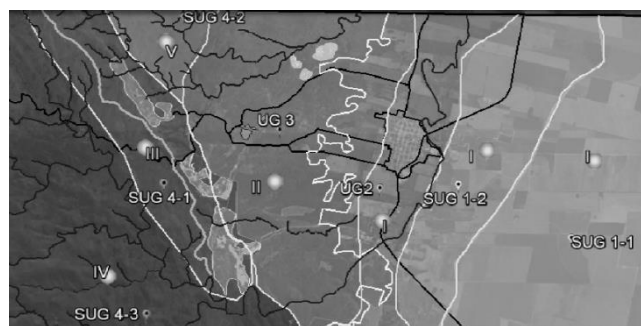


Fig. 3 Categorías de calidad para la conservación de los recursos naturales en zona de San Agustín.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE UBICACIÓN DE RSU.

SITUACIÓN ACTUAL

La planta de tratamiento de San Agustín, se encuentra ubicada aproximadamente a 5 km al norte del área de estudio, por lo que es factible extrapolar los resultados del mismo. De acuerdo a ello se puede determinar que la planta se encuentra ubicada dentro de la UG2: Depresión Periférica, que presenta una Categoría I, es decir el valor más bajo de la escala de calidad para la conservación. Fig. 4. Esto se debe a la influencia de la geomorfología deprimida y a la escasa calidad paisajística. No obstante presenta suelos de muy buen índice de productividad y se encuentra a menos de un kilómetro de distancia del A° San Agustín y del A° de los Ocantes, que son los únicos cauces superficiales de carácter semipermanente del sector.

El camino de acceso es cortado por el A° de los Ocantes, unos 500 m antes de la ubicación de la planta. El transporte permanente de RSU no tratados en camiones podría implicar la contaminación de dicho cauce.

La zona de ubicación de la planta se encuentra dedicada a la agricultura y ganadería, y se verá afectada por la degradación ambiental que implica la cercanía de una planta de tratamiento de RSU. De igual modo el valor de las tierras registrará una importante disminución.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CALIDAD PARA LA CONSERVACIÓN

La aplicación de metodologías para determinar la calidad para la conservación en problemas de ubicación de sitios para disposición de RSU, es un capítulo importante dentro de los planes de ordenamiento territorial (Ihobe, 2005; Tecnounban, 2011).

Una vez efectuada la determinación de la calidad para la conservación de los recursos naturales en la zona de San Agustín, se aplican las diversas categorías en las distintas zonas geomorfológicas y se llega a la conclusión de que la SUG 4-2: Cordón Central, presenta una Categoría III, en una escala de I a V, es decir una potencialidad de recursos naturales que se ve afectada por la presencia de las canteras de rocas calcáreas, al igual que las unidades vecinas en zonas más deprimidas (hacia el Este del Cordón Central).



Fig. 4 Ubicación de la planta de tratamiento de San Agustín.

La metodología evalúa las condiciones originales de las unidades geomorfológicas, lo que no implica que el impacto ambiental de las actividades mineras, no hayan reducido la calidad para la conservación en la situación actual. Es decir, que si se efectuara la mitigación y remediación de las huellas de la actividad extractiva, se lograría para el caso del Cordón Central, una categoría más elevada de calidad para la conservación.

Del mismo modo, las distintas unidades geomorfológicas definidas reciben el impacto de los frentes de cantera en su calidad visual y paisajística, lo cual resulta en una disminución de la calidad para la conservación.

Impacto del Frente de Cantera San Agustín sobre las Unidades Geomorfológicas ubicadas al NE.

El frente principal de la cantera San Agustín se extiende en sentido NNO –SSE, y está ubicado sobre la pendiente oriental del Cordón Central. Es por eso que las principales unidades geomorfológicas impactadas, son las que se ubican al noreste de dicho cordón.

Impacto del extremo S del frente de Cantera San Agustín:

Las visuales proyectadas desde el frente S, son interrumpidas por una pantalla natural conformada por un cordón serrano, que evita la visualización del frente de cantera desde gran parte de la UG3, UG2 y UG1. Por lo tanto el impacto queda limitado al valle cercano a dicho frente. Fig. 5.

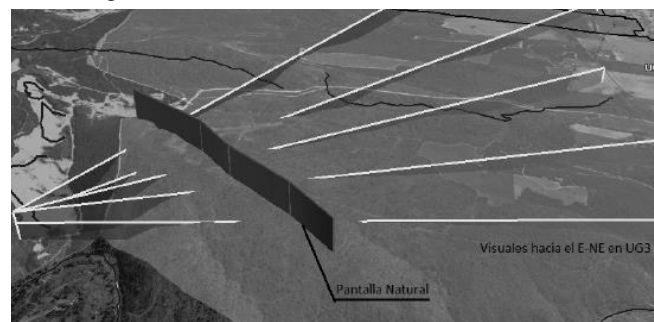


Fig. 5 Impacto visual del extremo S de la cantera San Agustín sobre la UG3.

Impacto del sector central y extremo N del frente de Cantera San Agustín:

Las visuales proyectadas desde el sector central y el frente Norte, impactan en toda la zona central de la UG3 y son interrumpidas por una pantalla natural conformada por un cordón serrano, solo en el extremo Norte de la misma.

Por lo tanto el sector impactado visual y paisajísticamente por el frente de cantera se extiende entre las dos pantallas naturales detectadas mediante el análisis geomorfológico, con la herramienta de Google Earth. Figura 6.

PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN.

Como surge de la aplicación de la metodología de determinación de la calidad para la conservación, las unidades geomorfológicas presentes en el sector de estudio, presentan un impacto de tipo paisajístico producido por las explotaciones mineras.

Dicho impacto se encuentra limitado a determinados sectores en los que no hay barreras naturales, que si existen en otros sectores siendo conformadas por cordones serranos.

El impacto paisajístico es producido fundamentalmente por la formación de taludes en los frentes de cantera de colores blanco (color principal de las rocas calcáreas que se explotan). Esto es debido a la forma de explotación del mineral, método de perforación y voladura en forma mecanizada, con desarrollo de un frente de explotación.

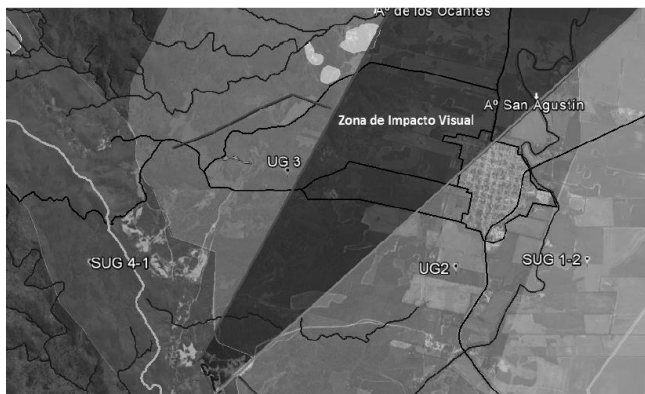


Fig. 6 Zona de impacto visual de los frentes de cantera de San Agustín.

El método de voladura utilizado descalza el talud desde el pie, produciendo su desmoronamiento. Este método no permite la fitoremediación de la parte superior, ya que todo el frente de cantera se derrumba por acción de las voladuras en la base.

De acuerdo al análisis efectuado el impacto paisajístico de la cantera San Agustín, se encuentra limitado a determinados sectores, con elevados taludes que impactan en otras unidades geomorfológicas.

El mejoramiento de estos sectores y su recuperación ambiental precisa de un soporte físico que reemplace los materiales rocosos y suelos que han sido extraídos.

Los RSU tratados pueden compensar esos volúmenes restituyendo la geomorfología original de las áreas y recuperando ambientalmente los sitios, que finalmente podrían transformarse en parques y paseos para la población.

La ubicación de la planta de tratamiento de los RSU en zona de cantera evitaría la degradación de nuevas áreas aledañas a la localidad de San Agustín.

Las zonas de cantera se encuentran ya degradadas ambientalmente por la misma actividad, pero cuentan también con importantes accesos para transportes de carga.

La participación de los actores mineros en la resolución de un problema ambiental como los RSU, significaría un aporte a la sociedad, que ayudaría a cambiar ciertos recelos de la sociedad hacia la actividad.

El tratamiento de los RSU, su estabilización físico-química y su deposición de acuerdo a las normas ambientales, permitiría solucionar el impacto paisajístico de la cantera mediante la restitución de los perfiles geomorfológicos originales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La determinación de la calidad para la conservación de los recursos naturales en zonas serranas de la Provincia de Córdoba, permite categorizar diversas zonas geomorfológicas.

Estas categorías son la base para la definición de los usos de la tierra y la planificación de las actividades que se desarrollan en ellas o que pueden ser desarrolladas en el futuro.

Las actividades de explotación minera generan un impacto, que tratándose de minería no metalífera, es fundamentalmente de tipo paisajístico.

Existen zonas más expuestas que otras al impacto paisajístico y sus limitaciones pueden ser analizadas mediante herramientas informáticas de geomorfología cuantitativa.

La remediación de dicho impacto, requiere de un soporte físico, ya que la extracción de rocas o minerales trae como consecuencia la formación de taludes y áreas cóncavas, y para recuperar las geoformas naturales, se debe partir de tareas de relleno.

Los RSU tratados convenientemente, se pueden transformar en un recurso para el municipio, y para los propietarios de las canteras, que pueden utilizarlos solos o mezclados con la roca que se explota, para remediación de las excavaciones, como agregados pétreos (trituración de escombros) y como material estabilizado para caminos.

REFERENCIAS

- [1] Arens Pieter y Etcheverehere Pedro (1966). Normas de reconocimiento de suelos. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación. INTA. Buenos Aires. RA.
- [2] Centeno J., Fraile M., Otero M., Pividal A. (1994). *Geomorfología Práctica*. Ed. Rueda. Madrid.
- [3] Ferrando Acuña F., Franco de Luca N. (2011). "Geomorfología y paisaje en el ordenamiento territorial: valorizando el corredor inferior del río Mapocho". *Revista Investigación Geográfica*. Chile.
- [4] Foster S., Hirata R., (1988) Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. CEPIS /PAHOWHO. Technical Report. Lima (Perú) 81 pp..
- [5] Gonzalez García P., López-Vera F., Gómez Artola C., Lacalle Pareja B. (2006). Evaluación del peligro de contaminación de las aguas subterráneas de un municipio residencial -Villanueva de la Cañada, Madrid). *Boletín Geológico y Minero* 117 (3): 413 - 422.
- [6] Ihobe Sociedad Pública de Gestión Ambiental (2005) Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco. Guía Técnica para el Relleno de Canteras con Materiales Naturales de Excavación. Ley I/2005 para la Prevención y Corrección de la Contaminación del Suelo.
- [7] Jarsún B., J. Gorgas H., Bosnero E., Zamora y Lovera E., (1989). Atlas de Suelos de la Provincia de Córdoba, escala 1:50.000. Convenio INTA-BID. p. 132.
- [8] Nakama V. y Sobral R. (1987). "Índices de productividad. Método paramétrico de evaluación de tierras". Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. INTA. Documento del Proyecto PNUD. Argentina 85/019, Buenos Aires.
- [9] Navarro María Elena (2014) "Determinación de la calidad para la conservación de áreas impactadas por la minería en la zona de San Agustín, Córdoba, Argentina". *Tesis de Maestría en Ing. Ambiental UTN*. Córdoba. Inédita. 367p
- [10] Porta Casanellas J., M. López-Acevedo Regurín y Roquero De Laburu C. (1994) *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 807p.
- [11] 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.

- [12] Segura L., Saracho M., Nieva N., (2011) "Riesgo de contaminación de los recursos hídricos por actividades antropogénicas en el Departamento Capital, Provincia de Catamarca, República Argentina". *Revista Geográfica de América Central. Número Especial EGAL. Costa Rica.* pp. 1-15.
- [13] Tecnourban (2011) Plan de Restauración de la Cantera denominada Torreblanca N° 539, mediante relleno con residuos inertes adecuados y mineros, sito en el T:M. de Torreblanca (Castellón).