

Impacto visual generado por la explotación minera en el yacimiento Punta Gorda, Moa

Idania Aguilera-Fernández
Yordanis Batista-Legrá
Subash Bastola
Luis Rojas-Purón

Resumen

Durante la explotación a cielo abierto de las minas, el paisaje sufre impactos adversos. En este artículo se evalúa el impacto visual provocado por la explotación minera de superficie en el yacimiento laterítico Punta Gorda, en Moa. El método indirecto del *Bureau of Land Management*, implementado a través de herramientas informáticas (Surfer 8.0, Didger 3.02, Gemcom 4.11, Autocad Civil 3d), permitió determinar las unidades de paisaje visual y las principales cuencas visuales, según el criterio de selección utilizado. Se realizó también un análisis de la topografía, el color, la textura y la luminosidad de la cuenca visual. Los puntos de observación fueron seleccionados por sus características topográficas o por ubicarse en las cotas más elevadas. Este estudio abre un nuevo campo en la evaluación del impacto visual de una explotación minera a cielo abierto en Cuba y constituye un aporte práctico que brinda información paisajística de interés para la toma de decisiones sobre la gestión y planificación del yacimiento, destacándose, además, por su utilidad para el buen ordenamiento minero ambiental de una región.

Palabras clave: paisaje; calidad visual; evaluación de impacto; cuenca visual; minería a cielo abierto; yacimiento Punta Gorda.

Visual impact produced by mining activity in the Punta Gorda ore body, Moa

Abstract

Open-pit mining has adverse impacts on the landscape of the mining area. This article describes the visual impact resulting from surface mining activities being conducted in the Punta Gorda laterite ore body located in Moa. The implementation of the indirect method Bureau of Land Management by means of computer tools, such as Surfer 8.0, Digger 3.02, Gemcom 4.11, Autocad Civil 3d allowed the determination of visual landscape units and the main visual basins according to the method of selection used. This investigation also includes an analysis on the visual basin soil, color, texture and luminosity. Observation locations were selected based on their topographical characteristics or because of their being located in the highest altitudes. It was concluded that the visual impact of mining activities on the landscape investigated covers more than 50% of the visual basin. This research paves the way to a new field in the visual impact assessment of open-pit mining in Cuba. It constitutes a practical contribution providing information of interest on landscapes for the decision making associated with ore body management and planning and it stands out for being useful to ensure a successful mining and environmental planning of a region.

Keywords: landscape; visual quality; impact assessment; visual basin; open-pit mining; Punta Gorda ore body.

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje geográfico o geosistema, como categoría científica general de carácter transdisciplinario, se concibe como un sistema espacio-temporal, complejo y abierto, que se origina y evoluciona justamente en la interfase naturaleza-sociedad, en un constante estado de intercambio de energía, materia e información, donde su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución, reflejan la interacción entre los componentes naturales (abióticos y bióticos), técnico-económicos y socio-culturales (Mateo 2008; Salinas-Chávez 1991; NC 93-06-101-1987; Miravet-Sánchez *et al.* 2014).

La minería del níquel es uno de los sectores económicos más importantes de Cuba. Por ser una industria de las más dinámicas, genera cambios drásticos y destrucción no solo sobre el paisaje visual, sino también sobre el paisaje, en general, traduciéndose en disminución de la calidad de vida de los pobladores.

Con respecto a lo antes expuesto, el Consejo de Europa, organismo internacional compuesto por 44 países que reúne a casi 800 millones de habitantes, en su Convenio Europeo del Paisaje, plantea el derecho a este importante recurso natural, reconociendo que: "el paisaje es un elemento importante de la calidad de vida de las poblaciones en todas partes: en los medios urbanos y rurales, en las zonas degradadas y de gran calidad, en los espacios de reconocida belleza excepcional y en los más cotidianos" (Consejo de Europa 2000).

Se defiende el criterio de que el paisaje forma parte del medio o entorno en el que se vive, por tanto, de él también depende la calidad de vida; esto reafirma que el paisaje es un elemento importante en aspectos de la vida social, cultural, y un recurso económico que puede contribuir al desarrollo y a la creación de empleo. Este precepto es corroborado en la Constitución de la República de Cuba, teniendo en cuenta que en su artículo 27 dicta: "El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras" (Gaceta Oficial 2003).

Según la Norma Cubana (NC 93-06-101-1987), los paisajes son sistemas territoriales constituidos por componentes naturales y complejos de diferente rango taxonómico, formados bajo la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora de la sociedad humana, que se encuentran en permanente interacción y se desarrollan históricamente. Cada geocomplejo se analiza como un sistema de recursos, un medio de

vida y de actividad del hombre, un sistema que conserva fondo genético, un laboratorio natural y como fuente de sentimientos estéticos.

La fragilidad visual es la capacidad de respuesta de un paisaje ante una actuación humana; mide el grado de deterioro que un paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones (Cifuentes 1979, citado por Montoya-Ayala 1997; Montoya-Ayala, Padilla-Ramírez & Stanford-Camargo 2003). Es una forma de establecer su vulnerabilidad, lo contrario es la capacidad de absorción visual, entendida como la capacidad de recibir alteraciones sin deterioro de la calidad visual (Escribano 1991). Entonces, a mayor fragilidad menor capacidad de absorción visual y viceversa.

La consecuente degradación de vastas áreas por la explotación de yacimientos minerales, el gran número de intrusiones visuales, sean caminos mineros, escombreras, equipos de transporte, líneas de transmisión eléctrica, talleres y otros, reducen la calidad del paisaje, entendiendo esta como la característica principal para su conservación y definida sobre la base de sus valores ecológico, perceptivo y cultural. Esta reducción es proporcional a la intensidad del impacto y está relacionada con el grado de modificación, entre otros factores, debido al contraste en tamaño, forma o color (Cáncer 1999).

Lo anterior demuestra que es imprescindible incorporar los estudios de impacto visual a los proyectos de explotación minera del territorio afectado, de ahí que el propósito de este trabajo haya sido evaluar el impacto visual que causa la explotación minera en el yacimiento Punta Gorda, en el municipio holguinero de Moa.

Las consultas a expertos y a los pobladores de las comunidades locales sobre los posibles usos del suelo o las preferencias en cuanto a calidad del paisaje ha sido un aspecto a considerar en la identificación y prevención de los impactos visuales negativos durante la explotación minera y el cierre de la mina (Karanakova y Panov 2011).

La evaluación del impacto visual de una explotación minera debe ser un aporte práctico que brinde información paisajística de interés para la toma de decisiones sobre la gestión y planificación territorial y para llevar a cabo los planes de ordenamiento minero ambiental de una región.

La propuesta de medidas de mitigación puede incluir en la fase de rehabilitación el uso de pantallas naturales, en especial de vegetación, seleccionando especies propias del lugar; de igual modo, el diseño de los caminos mineros, el emplazamiento de las escombreras, el equipamiento y

la infraestructura de apoyo a la producción ha de hacerse en aquellos lugares de menor fragilidad visual (Karanakova y Panov 2011).

El yacimiento Punta Gorda está situado al noreste del municipio de Moa en la provincia de Holguín, ubicándose dentro de los límites del macizo montañoso Moa-Baracoa (Figura 1). El área está limitada por las coordenadas del sistema Lambert siguientes:

X= 699 800 - 704 100

Y = 218 600 - 221 900

Y las coordenadas geográficas latitud (φ) y longitud (λ):

$\varphi = 20^{\circ} 38',2$

$\lambda = 74^{\circ} 52',8$

Sus límites naturales son: al norte, las aguas del océano Atlántico; al sur, la línea convencional que lo separa del yacimiento Yagrumaje Oeste; al oeste, el yacimiento Moa Oriental y al este las elevaciones que constituyen la línea divisoria de las aguas del río Yagrumaje.

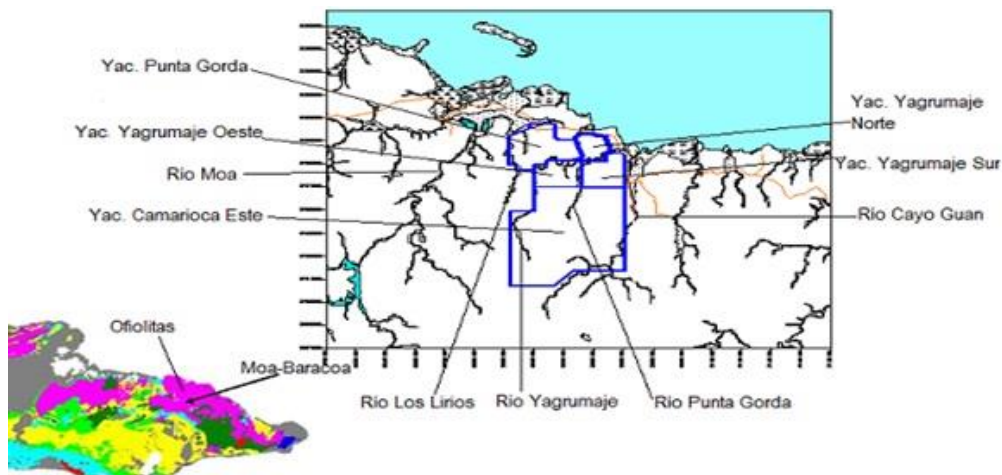


Figura 1. Ubicación geográfica del yacimiento Punta Gorda. Fuente: María I. García de la Cruz 2013.

Los impactos visuales generados por las explotaciones mineras de superficie tienen su razón de ser en la presencia de observadores potenciales, factor de gran peso en este estudio por los aspectos que a continuación se comentan en relación con la existencia de moradores.

La ciudad de Moa tuvo su origen en la explotación forestal, por la abundancia de pinares que crecían sobre la corteza de intemperismo. Después de conocerse que debajo de esos pinares existían enormes reservas de níquel y cobalto se fomentó la industria minero-metalúrgica,

con dos fábricas y una infraestructura de apoyo a la producción (Ceproníquel 2010).

Dada la importancia de esta industria se ha construido una infraestructura socioeconómica que comprende hospitales, viviendas, centros de recreación, carreteras, puerto, aeropuerto, radiodifusoras y centros educacionales desde la enseñanza primaria hasta universitaria, con gran peso en la formación de postgrado, donde se preparan profesionales del ramo de Cuba y de otros países.

Cada día es mayor la demanda de zonas que produzcan en el observador sensaciones de paz y tranquilidad (Escribano 1991). El interés proteccionista hacia el paisaje, recurso natural cada vez más escaso, es creciente a nivel internacional. Podría decirse que a través del paisaje se abren nuevos caminos de gestión para la protección, también hacia aspectos relacionados con la educación o didáctica patrimonial, el desarrollo territorial, la participación pública o como clave del bienestar social (Mata-Olmo 2008).

Este trabajo realiza una evaluación desde la perspectiva de la calidad y la fragilidad, considerando otros estudios de este tipo (Martínez-Vega, Martín & Romero 2003). En la bibliografía consultada sobre los métodos de valoración paisajística se distingue la experiencia realizada por Montoya-Ayala, Padilla-Ramírez y Stanford-Camargo (2003), basado en los modelos de Aguiló, Blanco, Cifuentes y Aranburu (citados en Estévez-González 2012). En todos los casos se dan respuesta, estudiando la calidad y la fragilidad visual por separado.

Siguiendo las alternativas propuestas por CONAMA (2007), la diversidad de enfoques para el estudio del paisaje se puede resumir en dos tendencias:

- a) La primera considera la subjetividad como factor inherente a toda valoración personal del paisaje.
- b) La segunda se apoya en el empleo de técnicas, automáticas o no, para los procesos de tipificación y valoración.

Siguiendo la experiencia internacional, en este estudio se tienen en cuenta ambas alternativas de análisis. Buscando un acercamiento a la realidad del paisaje analizado se hizo una mezcla de ambas tendencias.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el impacto visual provocado por la explotación minera de superficie en el yacimiento Punta Gorda de la empresa Ernesto Che Guevara de Moa, buscando cuantificar la modificación introducida durante el desarrollo de esta actividad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada consta de los siguientes pasos:

1. Identificación de las unidades de paisaje visual (en lo adelante UPV) del yacimiento.
2. Valoración de la calidad visual de las unidades de paisaje determinadas.
3. Valoración de la fragilidad visual de la zona de estudio.
4. Selección de los puntos de observación y mayor visibilidad.
5. Determinación de la cuenca visual.

2.1. Identificación de las unidades de paisaje visual del yacimiento Punta Gorda

La delimitación espacial de las UPV se realiza atendiendo a factores como las dimensiones del territorio y al propio comportamiento de los componentes naturales. La importancia relativa de cada componente puede variar de un caso de estudio a otro, razón por la cual puede plantearse que no existe una regla absoluta (Salinas-Chávez & Ramón-Puebla 2013). Tampoco existe una regla que defina lo que se pueda hacer al respecto mediante el uso de los SIG (Salinas-Chávez & Ramón-Puebla 2013).

Las unidades de paisaje son divisiones espaciales que cubren el territorio a estudiar, una agregación ordenada y coherente de las partes elementales, muy importante para la gestión posterior de estos recursos (Escribano 1991; MOPTMA 2004). Basados en Taranco-Segovia (2001), se siguieron los siguientes pasos:

- a) Recopilación de los elementos cartográficos existentes de la zona de estudio: mapas topográficos, de usos del suelo, vegetación, litológicos, entre otros.
- b) Análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas.
- c) Trabajo de campo en el que se confirman o modifican los límites de las UPV.
- d) Se analizan todos los factores que inciden en la calidad y fragilidad visual del territorio: geomorfología, hidrología, vegetación, edafología e incidencia humana, entre otros, y se establece la cartografía definitiva de las UPV.

En la obtención de las UPV se toma como componente central la vegetación, criterio de mayor peso, entre otros factores, por los ecosistemas que allí se desarrollan y, secundariamente, la morfología del terreno. La cubierta

vegetal considera los diferentes tipos de cubierta del suelo, desde las hierbas ralas a los bosques nativos densos. La morfología del terreno está determinada por la forma, textura y estructuras de la superficie del área a estudiar (Muñoz-Pedrerros 2004).

Se utilizaron mapas a escala 1:25 000. Se realizó *in situ* un inventario del área, luego se corroboraron los resultados mediante imágenes de satélite de la zona (Figura 2).



Figura 2. Vista satelital del yacimiento Punta Gorda. Fuente: Google Earth 2016. Image © 2016 CNES/ Astrium.

2.2. Valoración de la calidad visual en la zona de estudio

El proceso de la percepción está dado en la interpretación de mensajes recibidos por los órganos sensoriales del individuo. Aunque la percepción individual es función de su bagaje cultural y su experiencia personal hay patrones comunes relativos a la preferencia de paisajes según relieve, presencia de vegetación y de agua en movimiento relacionados con la memoria universal (González-Bernáldez 1981, 1985). A la preferencia por los paisajes con presencia de vegetación se le conoce como biofilia y a la preferencia por la presencia de agua como hidrofilia (Ulrich 1993, citado en Barrasa-García 2010).

Para realizar una valoración de la calidad visual del paisaje, asumiendo el carácter subjetivo del análisis, debido a los condicionantes y mecanismos sensitivos y perceptivos inherentes al propio observador, se toman en cuenta tres elementos de percepción (CONAMA 2007):

- Características intrínsecas del punto
- Calidad visual del entorno inmediato
- Calidad visual del fondo escénico.

Para el estudio de la calidad visual del paisaje se utilizó el método indirecto del BLM (*Bureau of Land Management* 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un valor a cada componente según los criterios de valoración (Tabla 1).

Tabla 1. Inventario/evaluación de la calidad escénica. Criterios de ordenación y puntuación (BLM 1980)

Morfología (según la pendiente del terreno)	Paisaje montañoso (pendiente superior al 30 %)	Accidentado (pendiente entre 15 %-30 % Calificación 3)	Ondulado (5 % a 15 %) / Llano (0 % a 5 %)
Puntuación	5	3	2 / 1
Vegetación	Masas boscosas y gran variedad de tipos	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación
Puntuación	5	3	1
Agua	Factor dominante en el paisaje; apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápido y cascado) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo, no dominante en su paisaje	Ausente o inapreciable
Puntuación	5	3	0
Color	Combinaciones de colores intensas y variadas, o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca, agua y nieve	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes en el suelo, roca y vegetación, sin ser elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
Puntuación	5	3	1
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
Puntuación	5	3	0
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región; posibilidad real de contemplar fauna y vegetación excepcional)	Característico, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
Puntuación	6	2	1

Actuaciones humanas (usos del suelo)	Con modificaciones que favorecen la calidad visual	Calidad escénica afectada por modificaciones que no añaden calidad visual	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica
Puntuación	2	0	-

A partir de la consulta a expertos y con base en los criterios reflejados en Tabla 1, para el análisis de la calidad visual fueron utilizados los siguientes valores de ponderación:

- Excelente (más de 30 puntos)
- Muy alta (de 21 a 30 puntos)
- Alta (de 16 a 20)
- Moderada (de 10 a 15)
- Baja (de 0 a 9).

2.3. Evaluación de la fragilidad

Para evaluar la fragilidad se utilizó el método de Escribano (1991) adaptado a las condiciones del objeto de estudio que considera tres variables:

- Factores biofísicos que ponderan la fragilidad visual del punto observado, considerando el suelo, la cubierta vegetal, la inclinación y orientación de la pendiente.
- Carácter histórico-cultural, que considera la existencia al interior de un paisaje, de valores singulares según escasez, valor tradicional e interés histórico.
- Accesibilidad, dada por la distancia y acceso visual desde carreteras y poblados.

Los factores biofísicos determinan la fragilidad visual del punto que, sumados a los factores histórico-culturales, constituyen la fragilidad visual intrínseca. Por último, al integrarse la accesibilidad se tiene la fragilidad visual adquirida. De este modo la valoración se hizo según la fórmula:

$$VFVP = \frac{\sum Sf}{nf}$$

Donde:

VFVP - Valor de la fragilidad visual del punto;

S- Superficie analizada;

f - Factores biofísicos;

n - Número de factores considerados.

2.4. Definición de los puntos de observación

Un aspecto importante en la evaluación del impacto visual es la identificación de los observadores potenciales. Las características culturales de los observadores influyen en la interpretación de las vistas del paisaje observado, teniendo en cuenta que el paisaje, aunque idéntico, en el fondo es diferente en la forma de interpretarlo (González-Bernáldez 1981, 1985; Cruz-Pérez & Español-Echániz 2009; Barrasa-García 2010).

La actitud del hombre ante el paisaje y ante la naturaleza, en general, responde, por una parte, a componentes racionales y, por otra, al subconsciente y, en palabras de Tarrason "el espíritu humano, frente al ambiente se comporta de modo emocional" (Tarrason, citado en Barrasa-García 2010).

Los puntos de observación fueron seleccionados tomando como criterio el número de observadores potenciales que transitan por ellos, pudiendo considerarse centros de alto nivel cultural, según las características de las personas que habitan, frecuentan o transitan por estos, lo que da una medida de la magnitud del impacto visual. Esto puede ser definitorio en la modificación del diseño de la explotación minera, como una vía de reducir los impactos visuales negativos de un proyecto.

2.5. Determinación de la cuenca visual

Primeramente fue necesario obtener el modelo digital del terreno con el uso del Surfer 8.0 y Didger 3.02. Para la determinación de la cuenca visual se crearon superficies con curvas de nivel y superficie en 3D. Utilizando las herramientas de Autocad Civil 3d 2010 se determinaron las características de la cuenca visual, desde los puntos de observación (miradores) identificados (Figura 3).

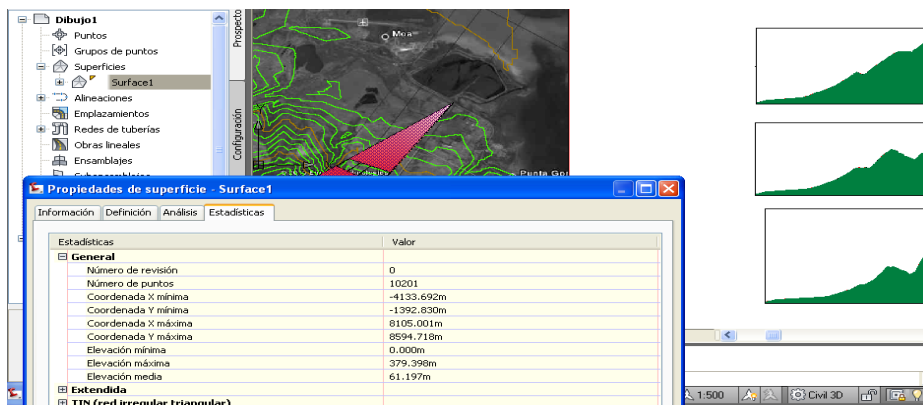


Figura 3. Cálculo automatizado de la cuenca visual.

Para la obtención de las áreas de sombra se realizaron perfiles longitudinales (Figura 4).

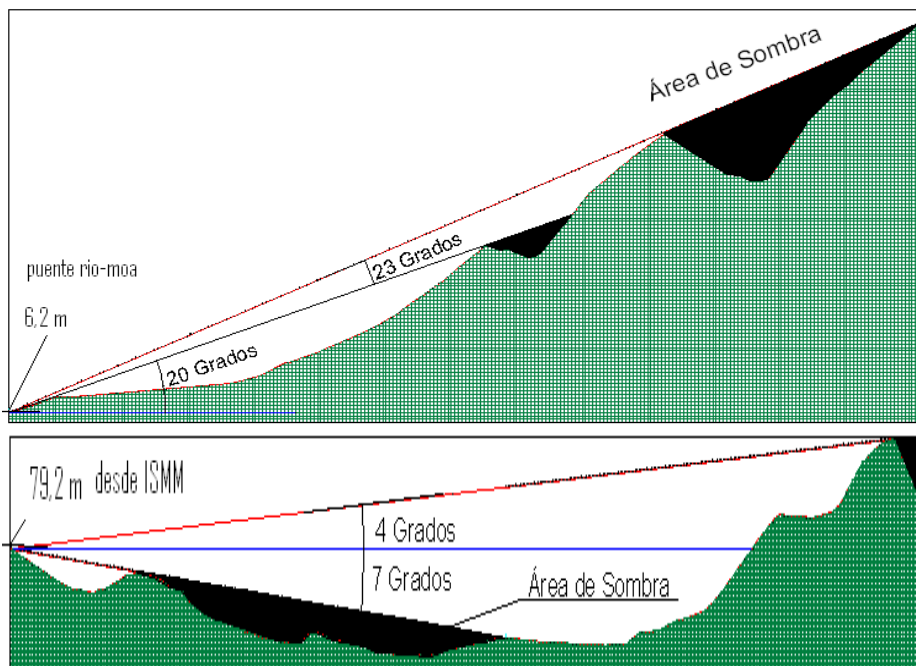


Figura 4. Determinación del área de sombra. Escala vertical 1:50 y horizontal 1:500.

A partir del plano topográfico e imágenes de satélite (Figura 2) se procede al cálculo de la compacidad y tamaño de cuenca visual. La determinación de la compacidad (I_c) se hace a partir de la línea de visión que ofrecen los perfiles. Para esto primeramente se determinó el porcentaje de sombra (H).

$$H = 100 * d/D$$

donde;

D = Distancia media de los perfiles desde el mirador hacia el yacimiento;

d = Longitud media no visible en el tramo analizado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado se obtienen nueve UPV y cinco macrounidades. Se seleccionaron unidades visuales irregulares extensas, en las que uno o varios elementos del medio actuaban como definatorios, en este caso concreto, el relieve y los usos del suelo. Estas unidades presentan, además, cierto grado de autocontención visual, teniendo en cuenta que en muchos casos se ocultan tras las irregularidades del relieve.

Las UPV identificadas aparecen registradas en Tabla 2, mientras la calidad paisajística del yacimiento Punta Gorda para las UPV anteriormente definidas se registra en la Tabla 3.

Tabla 2. Representación porcentual de las unidades de paisaje visual en el yacimiento Punta Gorda

No.	Unidades de paisaje visual	Macrounidad	%
1	Bosque nativo adulto	Vegetación nativa	11,2
2	Embalses de agua	Cuerpo de agua léntico	3,4
3	Ríos	Cuerpo de agua lótico	2,6
4	Plantación de pino adulto	Área reforestada	30,7
5	Obstrucción por taludes sin vegetación	Obstrucciones visuales	18,2
6	Plantación de pino joven	Área reforestada	12,8
7	Obstrucción por taludes con vegetación	Obstrucciones visuales	5,5
8	Vegetación nativa	Vegetación nativa	13,9
9	Otras unidades de paisaje visual	Manigua	1,7

Tabla 3. Valoración paisajística de las unidades de paisaje visual en el yacimiento Punta Gorda

UPV	FISIOGRAFÍA	TOPOGRAFÍA	AGUA	COLOR	USOS DEL SUELO	FONDO ESCÉNICO	RAREZA	VALORACIÓN PAISAJÍSTICA	
Bosque nativo adulto	3	2	-	3	2	3	6	19	Alta
Embalses de agua	1	1	0	1	-	1	1	5	Baja
Ríos	2	1	3	2	-	2	2	12	Moderada
Plantación de pino adulto	3	3	-	2	2	3	3	16	Alta
Obstrucción por taludes sin vegetación	1	2	-	1	0	1	1	6	Baja
Plantación de pino joven	2	2	-	2	2	2	2	12	Moderada
Obstrucción por taludes con vegetación	2	3	-	3	2	3	3	16	Alta
Vegetación nativa	3	2	-	3	2	3	6	19	Alta
Manigua	1	1	-	2	1	2	1	1	Baja

3.1. Valoración de la fragilidad visual de la zona de estudio

Los valores de fragilidad visual obtenidos por cálculos para las unidades de paisaje definidas se muestran en la Tabla 4. Estos fluctúan entre 1 y 3; asignándose por los expertos como valor bajo de 0 a 1,2, moderado a partir de 1,3 y alto entre 1,4 hasta 3. En algunos paisajes, como cuerpos de agua, no fue posible aplicar cada factor; para estos casos se adaptó la fórmula conforme al número de factores que se utilizan.

Tabla 4. Valoración de la fragilidad visual de las UPV del yacimiento Punta Gorda

UPV	Valoración fragilidad visual	
Bosque nativo adulto	1,2	BAJO
Embalses de agua	2,5	ALTO
Ríos	3,0	ALTO
Plantación de pino adulto	1,5	MODERADO
Obstrucción por taludes sin vegetación	2,5	ALTO
Plantación de pino joven	2,5	ALTO
Obstrucción por taludes con vegetación	1,8	MODERADO
Vegetación nativa	1,9	MODERADO
Manigua	2,5	ALTA

3.2. Determinación de los puntos de observación o miradores

Una vez considerados los aspectos determinantes en la selección de los puntos de observación, como resultado se obtiene: el Instituto Superior Minero Metalúrgico ISMM (mirador 1) y el puente sobre el río Moa (mirador 2).

Entendiendo el paisaje como el entorno visual del punto de observación y considerando las características geomorfológicas de la zona de estudio los puntos seleccionados encuentran una cuenca visual con valores que oscilan alrededor del 50 %, de las explotaciones mineras del territorio observado, lo que da una idea del gran impacto visual y sobre el paisaje minero.

3.3. Determinación de la cuenca visual en el yacimiento Punta Gorda

A partir de la metodología se obtienen las características de la cuenca visual, desde los puntos de observación identificados (miradores) que son reflejadas en la Figura 3. En la determinación de la cuenca visual, uno de los primeros resultados que permitieron obtener factores como el tamaño de la cuenca, las áreas de sombra y áreas visibles, entre otros, fue la

construcción de perfiles desde los puntos de observación hasta el yacimiento (Figura 4).

Los valores de compacidad (I) y porcentaje de sombra (H) obtenidos se relacionan a continuación:

Para el mirador 1 (desde ISMM hacia el yacimiento):

$$D = 9\,790,79 \text{ m}$$

$$d = 4\,274,38 \text{ m}$$

$$H = 100 * d/D = 100 * 4\,274,38 \text{ m} / 9\,790,79 \text{ m} = 43,65 \%$$

Índice de compacidad I_c :

$$I_c = 100 - 43,65 \% = 56,35 \%$$

De igual modo para el mirador 2 (desde el puente sobre el río Moa hacia el yacimiento).

$$D = 5\,034,22 \text{ m}$$

$$d = 1\,895,52 \text{ m}$$

$$H = 100d/D = 100 * 1\,895,52 \text{ m} / 5\,034,22 \text{ m} = 37,65 \%$$

$$I_c = 100 - 37,65 \% = 62,35 \%$$

3.4. Determinación del tamaño de la cuenca visual de la zona de estudio

El cálculo de la cuenca visual permite determinar qué porción del territorio es visible desde los puntos fisiográficos elegidos y viceversa. Por los medios automatizados mencionados y sobre la base del modelo digital del terreno se calcula la cuenca visual.

De igual manera, se determina el área visible y el área total, luego la cuenca visual relativa.

$$\text{Área visible desde ISMM } (a) = 1,251 \text{ km}^2$$

$$\text{Superficie total del área de estudio si fuese llano } (A) = 15,210 \text{ km}^2$$

$$\text{Cuenca visual relativa} = 100 * \frac{a}{A} = 100 * 1,251 / 15,210 = 8,22 \%$$

Así mismo para el mirador 2 el puente (río Moa),

$$\text{Áreas visibles desde el puente-río Moa } (a) = 3,664 \text{ km}^2$$

$$\text{Área total del área de estudio si este fuese llano } (A) = 4,210 \text{ km}^2$$

$$\text{Cuenca visual relativa} = 100 * \frac{a}{A} = 100 * 3,664 / 4,210 = 87,02 \%$$

3.5. Determinación de la altura relativa de la zona de estudio

Se determinó la altura relativa de la zona de estudio mediante el uso de los perfiles generados.

Para el mirador 1 (ISMM):

Altura relativa = altura media del área visible - altura del punto de observación

Altura relativa = 61,79 m - 79,2 m = -7,41 m

Así mismo para el mirador 2:

Altura relativa = 61,97 - 6,2 m = 55,77 m.

Para el análisis del impacto visual, además de los resultados obtenidos mediante la determinación de la cuenca visual, el análisis de topografía, el color, la textura y la luminosidad, se realizaron encuestas a expertos. Con el auxilio de fotografías del yacimiento tomadas desde los miradores (ISMM 1, puente sobre el río Moa 2).

Mediante la comparación de los resultados de las características de la cuenca visual y el análisis de la distancia, visibilidad, topografía, color, textura y la luminosidad desde los puntos de observación, se concluyó que el impacto visual es alto desde el mirador 2 y es medio desde el mirador 1.

Desde el punto de vista ambiental, los espectadores que transitan por el lugar perciben un paisaje de mayor fragilidad visual o poca capacidad de absorción visual, por lo que las actuaciones humanas aportan un mayor impacto visual; esto implica la necesidad de adopción de medidas de enmascaramiento u ocultación que posibiliten la mitigación del impacto, dado el grado de deterioro existente.

4. CONCLUSIONES

- El impacto visual que aporta la actividad minera en el paisaje analizado, desde los puntos de observación, abarca una cuenca visual de más del 50 %. El resultado de los cálculos corrobora un mayor impacto visual desde el mirador 2 (puente-río Moa); si se tiene en cuenta que el área visible desde el ISMM es de 1,251 km² y desde el puente-río Moa de 3,664 km². De igual manera, la metodología mostrada expresa las variables más significativas en la valoración del impacto visual para el yacimiento Punta Gorda.
- Los valores de calidad y fragilidad visual que se obtienen como resultado muestran ser elementos de peso a tener en cuenta durante el diseño de un proyecto minero si se considera que dichos elementos pueden decidir en la conservación o modificación del proyecto de

cualquier actividad u objeto dentro de la mina en aras de minimizar el impacto visual.

- Durante el procedimiento desarrollado se aprecia que para identificar, predecir y evaluar el impacto visual, el uso de herramientas informáticas constituyen un factor fundamental para garantizar ahorro de energía y tiempo en la obtención de las características de la cuenca visual, el análisis del color, la textura, la topografía y la luminosidad del paisaje.

5. REFERENCIAS

- Barrasa-García, S. 2010: *Evaluación y cartografía de paisajes visuales en planificación ambiental. Teoría, métodos y técnicas del ordenamiento ecológico y territorial*. Centro de Estudios en Geografía Humana. Michoacán, México, 221-240.
- BLM (U.S.D.I., Bureau of Land Management) 1980: Visual resource management program. Div. of Recreation and Cultural Resource. Stock No.0224-011-000116-6. Government Printing Office, Washington, D.C: U.S.
- Cáncer, P. 1999: *La degradación y protección del paisaje*. Ediciones CÁTEDRA, Geografía Menor, Madrid, 247 p.
- Ceproníquel. 2010: Proyecto de rehabilitación del yacimiento Punta Gorda. 70 p.
- CONAMA. 2007: Antecedentes para analizar el paisaje en el contexto del SEIA. División de Evaluación y Seguimiento Ambiental. Área de Evaluación de Impacto Ambiental. 87 p.
- Consejo de Europa. 2000: Convenio Europeo del Paisaje. Florencia. 10 p.
- Constitución de la República de Cuba. 2003: Gaceta Oficial de la República de Cuba [en línea] edición Extraordinaria número 3 de 31 de enero de 2003. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/cuba/constitucion-republica-cuba/>
- Cruz-Pérez, L. & Español-Echániz, I. 2009: *El paisaje. De la percepción a la gestión*. Ediciones Liteam, Madrid. 202 p.
- Escribano, M. 1991: *El Paisaje*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, España, 198 p.
- Estévez-González, V. 2012: *Calidad y fragilidad visual del paisaje: MCE, fuzzy logic y GIS*. Tesis de maestría. Universidad Complutense de Madrid. 234 p.
- García-de la Cruz, M.I. 2013: Procedimiento para el reemplazo de los equipos mineros. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, 100 p.

- González-Bernáldez, F. 1981: *Ecología y Paisaje*. Editorial Blume, Madrid, 250 p.
- González-Bernáldez, F. 1985: *Invitación a la ecología humana. La adaptación afectiva al entorno*. Técnicos, Madrid, España, 256 p.
- Karanakova, R. & Panov, Z. 2011: Methodology of Visual Impact Assessment on Surface Mines and Measures of Managing with the Visual Resource for the design of Surface Mines. XIth National Conference with International Participation of the Open and Underwater Mining of Minerals, Varna, Bulgaria, 19-23 June. (Proceedings), 173-180.
- Martínez-Vega, J.; Martín, M. P. & Romero, R. 2003: Valoración del paisaje en la zona de especial protección de aves Carrizales y sotos de Aranjuez, Comunidad de Madrid. *GeoFocus* 3: 1-21.
- Mata-Olmo, R. 2008: El paisaje. Patrimonio y recurso para el desarrollo territorial sostenible. Conocimiento y acción pública. *Arbor* 184(729): 155-172.
- Mateo, J. 2008: *Geografía de los Paisajes*. Primera Parte. Paisajes naturales, Editorial Universitaria, La Habana, 191 p.
- Miravet-Sánchez, B.; García-Rivero, A.; Salinas-Chávez, E.; Cruañas-López, E. & Remond-Noa, R. 2014. Diagnóstico Geoecológico de los paisajes de la cuenca hidrográfica Ariguanabo, Artemisa, Cuba. *Ciencias de la Tierra y el Espacio* 15(1): 53-66.
- MOPTMA. 2004: *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología*. 254 p.
- Montoya-Ayala, R. 1997: La fragilidad del paisaje de los Tuxtlas, Veracruz, México. En: Primera Reunión de Usuarios de IDRISI, Alcalá de Henares. 17 p.
- Montoya-Ayala, R.; Padilla-Ramírez J. & Stanford-Camargo, S. 2003: Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje en el valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, (México). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 35: 123-136.
- Muñoz-Pedrerros, A. 2004: La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. *Revista chilena de historia natural* 77(1): 139-156.
- NC 93-06-101. 1987: Paisaje. Términos y Definiciones. Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Comité Estatal de Normalización, La Habana, 15 p.
- Salinas-Chávez, E. 1991: *Análisis y Evaluación de los Paisajes en la Planificación Regional en Cuba*. Tesis doctoral. Universidad de la Habana. 187 p.
- Salinas-Chávez, E. & Ramón-Puebla, A. 2013: Propuesta metodológica para la delimitación semiautomatizada de unidades de paisaje de nivel local.

Revista do Departamento de Geografia –Universidade de Sao Paulo 25: 1-19.

Taranco-Segovia, N. 2001: *Ordenación y sostenibilidad ambiental: estudio de caso: El paisaje en la Sierra de Espadán*. Concillería de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana. 38 p.

Idania Aguilera-Fernández, iaguilera395@gmail.com

Master en Ciencias, Profesora Auxiliar. Departamento de Minería.
Instituto Superior Minero metalúrgico de Moa, Cuba

Yordanis Batista-Legrá, yebatista@ismm.edu.cu

Doctor en Ciencias Técnicas Departamento de Minería.
Instituto Superior Minero metalúrgico de Moa, Cuba

Subash Bastola, sbastola@mirarco.org

Graduate Research Assistant
MIRARCO Mining Innovation. Ontario, Canada

Luis Rojas-Purón, lrpuron@ismm.edu.cu

Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Auxiliar del Departamento de Eléctrica.
Instituto Superior Minero metalúrgico de Moa, Cuba