

# INCIDENCIA AMBIENTAL DE LA EXTRACCIÓN DE ARENA DEL RÍO NIBUJÓN

*Environmental incidence of the sand extraction from Nibujón river*

**Idania Aguilera Fernández**  
**Mayda Ulloa Carcassés**  
**Alexis Cabrales Rodríguez**  
**Delfina Guilarte Alpajón**

**Instituto Superior Minero Metalúrgico**

## RESUMEN

La explotación de depósitos de arena y grava plantea una problemática especial, por las características del entorno natural donde se lleva a cabo. La preocupación por la protección del medio ambiente, unido a la legislación vigente, hace que la actividad minera se deba realizar con un proyecto racional que contemple previamente la recuperación de los terrenos afectados, acorde con las condiciones derivadas de los ecosistemas existentes. En este trabajo se presenta una evaluación de impacto ambiental que ocasiona la explotación de un depósito fluvial de arena y grava, localizado dentro de los límites del parque Alejandro de Humboldt, así como las medidas preventivas y correctoras que habrán de adoptarse para la minimización del impacto sobre el entorno, a fin de compatibilizar la explotación y la preservación del medio natural.

**PALABRAS CLAVE:** Evaluación de impacto ambiental, materiales de construcción, río Nibujón, explotación minera.

## ABSTRACT

The exploitation of sand and crushed stone deposit, establish special problem for the characteristic of the natural environment where it is done. The prejudice for protecting the environment, joined to the legislation does that the mining activity should be done with a rational project that observe previously the recovering of the affected ground according with the existing ecosystems. This paper presents an evaluation of the environmental impact that carries out the exploitation of fluvial deposit with sand and crushed stone, located into the limits of Alejandro de Humboldt park, both and the prevent measurement that will have to adopt themselves for

minimizing the impact over the environment in order to resemble the exploitation and the protection of natural environment.

**KEY WORDS:** Environmental impact evaluation, raw materials, Nibujón river, mining exploitation.

## INTRODUCCIÓN

La actividad humana afecta el medio ambiente, aumentando o disminuyendo la magnitud y la frecuencia de los procesos naturales. Los ríos originan inundaciones independientemente de la actividad del hombre, pero éste es capaz de aumentar o disminuir la frecuencia o intensidad de las mismas. Los efectos del hombre sobre la naturaleza pueden ser pequeños dentro de una escala global, pero muy importantes a escala local (Rodríguez Pérez, 1998).

La manera en que históricamente se ha realizado la explotación minera y los problemas heredados de la misma, han despertado la preocupación de los científicos y gobernantes de todo el planeta, y en la actualidad en la actividad existe un fuerte compromiso y propósito de un manejo responsable del medio ambiente, que propicie la solución a estos problemas (Ayala Carcedo, 1994). Especial atención debe darse a la extracción de materiales de construcción, la que por su volumen sobrepasa con creces la de otros materiales útiles y, por consiguiente, su impacto sobre el medio ambiente es mayor. El plan de utilización de los recursos debe ser tal que garantice a las futuras generaciones el disfrute de éstos (Rodríguez Pérez, 1998).

Este trabajo ofrece los resultados del estudio de impacto ambiental ocasionado por la extracción de

arena y grava del yacimiento Río Nibujón. La zona de estudio se localiza en la provincia de Guantánamo, municipio de Baracoa, dentro del parque natural Alejandro de Humboldt. El yacimiento está contemplado desde la desembocadura hasta la confluencia con el río Jaragua, situado más al sur, abarca una superficie de 33,0876 hectáreas y se divide en dos zonas: yacimiento y planta de preparación mecánica.

Los depósitos están distribuidos en terrazas en la parte baja del valle, y en temporales de ribera y de cauce en la parte media superior del mismo; al final, se limitan a los de cauce (gravas gruesas y cantos rodados). En las zonas más bajas los depósitos aparecen cubiertos por una capa de arcilla y en ellas se desarrolla una agricultura más o menos intensiva. La figura 1 muestra parte del río Nibujón.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material útil está constituido por arenas, y por gravas arenosas y arcillosas en menor grado, como consecuencia de la fragmentación y acarreo de rocas gabroides y filoneanas ácidas e hiperbasálticas.

Se prevé la minería por el método a cielo abierto, sin requerimiento de voladuras. Los trabajos de arranque se harán de forma mecánica con una Draga Lina

E-1011 (soviética). El destape, por la variante Buldózer-Excavadora. Para el transporte del mineral se utilizarán camiones BELAZ 540. El camino de acceso desde el yacimiento hasta la planta de beneficio es de tercer orden y atraviesa meandros del río.

El material extraído del yacimiento (arena y grava), abastecerá la planta trituradora —clasificadora— lavadora con capacidad anual de 100 000 m<sup>3</sup>, capaz de procesar dimensiones máximas de 340 mm. Esta planta está provista de una trituradora de mandíbula CM 740, el árido es suministrado por un alimentador reciprocante criollo donde se obtiene la grava con dimensiones de hasta 150 mm como máximo. La cinta transportadora conduce el material al transportador, y éste a su vez lo traslada a la criba vibratoria, la cual posee dos paños clasificadores con luces de malla de 5 y 12 mm, y rociadores de agua. La fracción 0-5 mm pasa al tornillo lavador (tornillo sinfín) donde se separa la arcilla de la arena, esta última es conducida por el transportador hasta el patio de productos terminados.

El producto final con fracciones (12-25), (25-38) y (38-63) mm se conduce al patio de producto terminado mediante transportadores.

Para la identificación de los impactos se utilizaron las matrices causa-efecto de Conesa (1995), consi-



derando este método el más indicado según el tipo de proyecto, el sitio específico de incidencia, los factores afectados y la rama de que se trata (Ayala Carcedo, 1994). Para la evaluación de los impactos se utilizó la tipología de Conesa, adaptada a las condiciones concretas del caso estudiado. La importancia del impacto se calculó según la expresión (1)

$$I = Ca [3i + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Ef + Pr + Mc] \quad (1)$$

donde: (Ca): carácter del impacto; (i): intensidad del impacto; (Ex): extensión del impacto; (Mo): momento en que se manifiesta; (Pe): persistencia; (Mc): capacidad de recuperación; (Ef): relación causa-efecto; (Pr): periodicidad con que se incide sobre un factor; (Rv): reversibilidad.

Se aplicaron elementos de la metodología cualitativa para el estudio de casos, entre los cuales se encuentran la observación, encuestas individuales y grupales, entrevistas a expertos y el estudio de informes que reflejaron el estado de opinión según los intereses de la comunidad. Las expediciones de campo actualizaron y ampliaron las informaciones temáticas disponibles y crearon nuevas fuentes de datos.

Para describir la situación ambiental del yacimiento se efectuó un inventario de los factores del medio para determinar posibles interacciones propias del proyecto (Tabla 1).

La identificación de los impactos se considera en dos etapas independientes: una primera que abarca la exploración geológica y la explotación minera (Tabla 2), y la segunda, que comprende la preparación mecánica del mineral (Tabla 3).

Las acciones que pueden causar impactos ambientales son:

**En la fase de exploración geológica:**

- a) Construcción de trochas y caminos.
- b) Perforación de pozos de exploración.
- c) Movimiento de equipos y maquinarias.
- d) Toma de muestras.

**En la fase de explotación minera:**

- e) Desbroce.
- f) Preparación del frente de trabajo.
- g) Extracción del mineral.
- h) Formación de escombreras.
- i) Almacenamiento del material útil.
- j) Carga del material útil.
- k) Transporte del material útil.

**En la etapa de preparación mecánica:**

**Fase de construcción**

- a) Tala de árboles y destocoado.
- b) Desbroce.
- c) Construcción del depósito de suelo.
- d) Movimiento de tierra y construcción de caminos.
- e) Compactación del terreno.
- f) Movimiento de medios de transporte y maquinaria.
- g) Almacenamiento de materiales de construcción y medios de trabajo.
- h) Perforación de pozos.
- i) Instalación de equipos de bombeo de agua.
- j) Construcción propiamente dicha.

**Fase de funcionamiento**

- k) Clasificación.
- l) Trituración.

	Factor	Características
Medio físico	Clima	Montañoso con elevado humedecimiento, baja evaporación y temperaturas frescas.
	Agua superficial	Red densa
	Agua subterránea	Relacionada con los gabroides y ultrabasitas del Cretácico.
	Suelo	Pardos sin carbonatos, Fersialíticos, Ferralíticos.
	Geología	Predominio de rocas hiperbasíticas, metamórficas y gabroides, con edades desde el Cretáceo hasta el Cuaternario.
Medio biótico	Flora	<i>Pluvilsilva montana</i> (bosques siempre verdes), manglares, montes costeros y cultivos temporales.
	Fauna	Mamíferos y aves con alto grado de endemismo.
Medio socio-cultural	Paisaje	Parque natural Alejandro de Humboldt. Gran atractivo paisajístico.
	Uso del suelo	Cultivo del coco, café y cacao, viandas y forestales.
	Empleo	El nivel de empleo bajo, vinculado a la actividad agrícola, debido a la ausencia de una base económica local.

TABLA 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA ETAPA DE EXPLORACIÓN GEOLÓGICA Y EXPLOTACIÓN MINERA												
FACTORES AMBIENTALES		OPERACIONES O ELEMENTOS IMPACTANTES										
		Fase de exploración				Fase de explotación minera						
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
Medio físico	I	1, 3		2	3	1, 3	3	2, 3	1, 3	3		
	II	4, 7	7	4, 5	4	4, 6, 7	4, 5	4, 5, 6, 7, 8	4, 5	4	4	4, 5
	III	9, 10	9	9, 10		9, 10, 11	9, 10	9, 10, 11	9, 10, 11	9, 10	9, 10	9, 10
Medio biótico	IV	12				12			12			
	V	13				13			13			
	VI	15				14, 15			14, 15			
M. socio-económico	VII	16, 19, 20	20	20		20	20	18, 20	20			17, 19, 20
Medio perceptual	VIII	21, 23				21, 22, 23	22, 23	21, 22, 23	21, 22, 23	23		

TABLA 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA ETAPA DE PREPARACIÓN MECÁNICA DEL MINERAL														
FACTORES AMBIENTALES		OPERACIONES O ELEMENTOS IMPACTANTES												
		Fase de construcción										Fase de funcionamiento		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
Medio físico	I	1, 3	1,3	1,3	1			1						
	II	7	5,6,7		4,5	7,8	4, 5		8	5,6,8		5	4	
	III	9, 11	9,10,11	9, 10	9,10	9, 10	9, 10		9		9, 10	9, 10	9,10	11
Medio biótico	IV	12	12	12	12									
	V	13	13	13	13									
	VI	14,15	14,15	15	15						14,15		15	14,15
M. socio-económico	VII				17,19		17,19				16,17,18,19			
Medio perceptual	VIII	21, 23	21,22,23	21,23	21,23			21,23			21,23			21,23

- m) Lavado.
- n) Almacenamiento.

Los factores del medio susceptibles a recibir impactos son:

#### **Medio físico**

- I. Suelo.
- II. Agua.
- III. Atmósfera.

#### **Medio biótico**

- IV. Vegetación.
- V. Flora.
- VI. Fauna.

#### **Medio socioeconómico**

- VII. Población.

#### **Medio perceptual**

- VIII. Morfología y paisaje.

### **RESULTADOS**

Se identificaron los impactos siguientes:

#### **I. Al suelo y orillas del río:**

1. Pérdida o alteración del suelo fértil por operaciones de excavación, construcción de caminos, acopio de material y escombreras.
2. Inestabilidad y hundimiento en las orillas.
3. Aumento de la erosión y sedimentación.

#### **II. Al agua superficial y subterránea:**

4. Incremento del nivel de sólidos en suspensión, por remoción de los materiales del fondo al realizar la extracción, y por el tráfico de camiones.
5. Contaminación por combustibles y lubricantes.
6. Incremento de la temperatura de las aguas superficiales por la pérdida de vegetación.
7. Alteración de la calidad del agua subterránea por variación en la infiltración.
8. Modificación del nivel piezométrico.

#### **III. A la atmósfera:**

9. Incremento en el nivel de ruidos.
10. Disminución de la calidad atmosférica por emisiones de gases, polvo y partículas.
11. Modificaciones a nivel microclimático, como consecuencia de la eliminación de la vegetación y la creación de láminas de agua.

#### **IV. A la vegetación:**

12. Pérdida de la vegetación en general, y la ribereña y acuática en particular.

#### **V. A la flora:**

13. Reducción de especies ocasionada por la tala de árboles.

#### **VI. A la fauna:**

14. Pérdida de unas especies y colonización del espacio por otras de menor calidad.
15. Desplazamiento de los animales hacia otros medios similares.

#### **VII. A la población:**

16. Incremento del nivel de empleo.
17. Mejoramiento de la red de transporte.
18. Variación demográfica.
19. Mejoramiento de las comunicaciones.
20. Afectaciones a la salud de los pobladores que utilizan el agua del río para su consumo.

#### **VIII. Al paisaje y la morfología:**

21. Modificación de las características visuales del paisaje.
22. Cambios en la morfología.
23. Disminución del atractivo paisajístico.

En la fase de abandono habrán de notarse los impactos residuales siguientes:

24. Permanencia de huecos y lagunas.
25. Vertido de estériles y materiales no aprovechables.

Según los valores obtenidos, los impactos se clasifican en:

1. Irrelevantes: impactos menores de 18, sean positivos o negativos.
2. Moderados: impactos con valores entre 18-40.
3. Severos: impactos cuyos valores oscilen entre 41 y 65.
4. Críticos: impactos superiores a 65.

Es evidente que los impactos 5, 6, 7, 8, 10, 11, 16 y 18 se consideran irrelevantes, esto significa que su efecto sobre el medio es poco considerable. Todos los demás impactos se consideran moderados y deben tenerse en cuenta para la implementación de las medidas preventivas, correctoras y de mitigación (Tabla 4).

Para la interpretación de las matrices de evaluación de los impactos (Tablas 5 y 6) se utilizan diferentes indicadores:

1. Indicador del total de impactos (positivos y negativos) recibidos por los factores impactados: alto, mayor que 300; medio, de 100-300, y bajo menor que 100.
2. Indicador del total de impactos (positivos y negativos) provocados por las acciones previstas: alto mayor que 300; medio, 150-300, y bajo, menor de 150.
3. Indicador del total de impactos negativos recibidos por cada factor: alto, mayor que 300; medio, 150-300; bajo, menor de 150.

4. Indicador del total de impactos positivos recibidos por factores: alto, mayor que 100; medio, de 50-100; bajo, menor de 50.

5. Indicador del total de impactos positivos provocados por las acciones previstas: alto, mayor que 100; medio, de 50-100; bajo menor que 50.

El análisis de las matrices de evaluación de los impactos basado en estos indicadores, aporta los resultados siguientes:

1. Los factores ambientales que reciben impactos negativos altos, en la fase de exploración geológica y extracción minera: el agua, la atmósfera, la morfología y paisaje. En la preparación mecánica: la atmósfera, la morfología y el paisaje. Tanto en la fase de exploración geológica y extracción minera como en la de preparación mecánica, la población recibe impactos positivos altos y medios.
2. Las acciones que producen un total de impactos altos, en la etapa de exploración geológica y explotación minera, son: la construcción de trochas y caminos, desbroce y formación de escombreras; en la etapa de preparación mecánica del mineral: el desbroce.
3. Las acciones que ocasionarán, además, impactos positivos, tienen lugar sólo en el medio socioeco-nómico; en la etapa de exploración geológica y explotación minera, están dados por las acciones, construcción de trochas y caminos, extracción del mineral, transporte del mineral; en la etapa de preparación mecánica, movimiento de tierra y construcción de caminos, movimiento de medios de transporte y maquinaria, y la construcción propiamente dicha.

**Medidas preventivas, correctoras y de mitigación**

Para establecer las medidas preventivas, correctoras y de mitigación, nos auxiliamos en lo expuesto por Vadillo Fernández (1994).

**TABLA 4. MATRIZ DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS**

Impactos	Indicadores										
	Ca	i	Ex	Mo	Pe	Rv	Mc	Ef	Pr	I	RV
1	(-)	3	2	3	2	2	2	2	3	-27	M
2	(-)	3	2	1	2	2	2	1	3	-24	M
3	(-)	3	2	1	2	1	1	1	2	-21	M
4	(-)	5	2	2	1	1	1	2	2	-28	M
5	(-)	1	2	2	2	1	1	2	1	-16	I
6	(-)	1	2	1	2	1	1	1	1	-14	I
7	(-)	1	1	1	2	1	1	1	2	-13	I
8	(-)	1	1	1	2	1	1	1	2	-13	I
9	(-)	5	2	2	2	1	1	2	2	-29	M
10	(-)	1	2	2	2	1	1	2	2	-17	I
11	(-)	1	1	1	2	1	1	1	3	-14	I
12	(-)	3	2	2	2	1	1	2	3	-24	M
13	(-)	5	2	2	2	1	1	2	3	-30	M
14	(-)	3	2	1	2	1	1	2	3	-23	M
15	(-)	3	2	1	2	1	2	2	3	-24	M
16	(+)	1	1	2	2	1	1	2	3	16	I
17	(+)	3	2	2	2	1	1	2	2	23	M
18	(+)	1	1	1	1	1	1	1	2	12	I
19	(+)	3	1	2	2	1	1	2	3	22	M
20	(-)	3	2	2	2	1	1	2	2	-23	M
21	(-)	3	2	2	2	2	2	2	3	-26	M
22	(-)	5	2	2	2	1	1	2	3	-30	M
23	(-)	3	2	2	2	1	1	2	3	-24	M
24	(-)	3	2	2	4	2	2	2	3	-28	M
25	(-)	3	2	2	4	4	2	2	3	-30	M

(Ca): carácter del impacto; (i): intensidad del impacto; (Ex): Extensión del impacto; (Mo): Momento en que se manifiesta; (Pe): persistencia; (Mc): Capacidad de recuperación; (Ef): Relación causa-efecto; (Pr): Periodicidad con que se incide sobre un factor; (Rv): Reversibilidad.

**I. Protección al suelo y orillas del río**

1. Extraer la capa de suelo antes de realizar el destape en las zonas con una capa superficial de escombros y darle un uso apropiado.
2. Utilizar los escombros en la lucha contra la erosión y emplear gaviones en los lugares más críticos para evitar la erosión y el derrumbe de las riberas.

**II. Protección al agua superficial y subterránea**

3. No permitir el lavado de equipos de transporte y maquinarias en el río, y evitar el derrame de sustancias combustibles y lubricantes.
4. Minimizar las afectaciones a las áreas de vegetación.

TABLA 5. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA FASE DE EXPLORACIÓN GEOLÓGICA Y EXPLOTACIÓN MINERA														
Factores Ambientales	Acciones del Proyecto											Total (-)	Total (+)	Total
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k			
I	-48		24	-21	-48	-21	-45	-48	-21			276	0	276
II	-41	-13	-44	-28	-55	-44	-84	-44	-28	-28	44	453	0	453
III	-46	-29	-46	0	-60	-46	-60	-60	-46	-46	-46	485	0	485
IV	-24				-24			-24				72	0	72
V	-30				-30			-30				90	0	90
VI	-24				-47			-47				118	0	118
VII	38						12				45	184	95	279
	-23	-23	-23		-23	-23	-23	-23			-23			
VIII	-50				-80	-54	-50	-80	-24			338	0	338
<b>Total (-)</b>	<b>286</b>	<b>65</b>	<b>137</b>	<b>49</b>	<b>367</b>	<b>188</b>	<b>262</b>	<b>356</b>	<b>119</b>	<b>74</b>	<b>113</b>			<b>2 111</b>
<b>Total (+)</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>45</b>			
<b>Total</b>	<b>324</b>	<b>65</b>	<b>137</b>	<b>49</b>	<b>367</b>	<b>188</b>	<b>274</b>	<b>356</b>	<b>119</b>	<b>74</b>	<b>158</b>	<b>2 111</b>		

TABLA 6. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA FASE DE PREPARACIÓN MECÁNICA DEL MINERAL																		
Factores Ambientales	Acciones del Proyecto														Total (-)	Total (+)	Total	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n				
I	-48	-48	-48	-27			-27									198	0	198
II	-13	-43		-44	-26	-44		-13	-43			-16	-28			270	0	270
III	-43	-60	-46	-46	-46	-46		-29		-46	-46	-46	-14			468	0	468
IV	-24	-24	-24	-24												96	0	96
V	-30	-30	-30	-30												120	0	120
VI	-47	-47	-24	-24									-24	-47		213	0	213
VII				45		45				73						0	163	163
VIII	-50	-80	-50	-50			-50			-50				-50		380	0	380
<b>Total (-)</b>	<b>255</b>	<b>332</b>	<b>222</b>	<b>245</b>	<b>72</b>	<b>90</b>	<b>77</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>96</b>	<b>46</b>	<b>62</b>	<b>66</b>	<b>97</b>				<b>1 908</b>
<b>Total (+)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>73</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				
<b>Total</b>	<b>255</b>	<b>332</b>	<b>222</b>	<b>290</b>	<b>72</b>	<b>135</b>	<b>77</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>169</b>	<b>46</b>	<b>62</b>	<b>66</b>	<b>97</b>	<b>1 908</b>			

**III. Protección de la atmósfera: ruido, calidad del aire.**

- 5. Mantenimiento correcto de la maquinaria, para lograr el uso efectivo del combustible.
- 6. Mejoramiento de las vías de acceso principales al yacimiento y cumplimiento del régimen de velocidad de circulación establecido para los vehículos.

- 7. Regar periódicamente los caminos para reducir la resuspensión de las partículas de polvo sedimentadas.
- 8. Racionalización de las áreas de excavación.

**IV. Protección a la vegetación**

- 9. Reducir al mínimo las áreas por desbrozar.

#### V. Protección a la flora

10. Promover la revegetación entre las organizaciones sociales y de masa de los pobladores de la zona, con ayuda de la empresa minera y de sus trabajadores, e impulsar un movimiento de recuperación de plantas endémicas.

#### VI. Protección a la fauna

11. Propiciar con medidas complementarias el retorno de los representantes de la fauna del territorio.

#### VII. Protección a la población

12. Ubicar las tomas de agua para uso y consumo de la población fuera de la zona de influencia de la extracción, y facilitar a la comunidad afectada los medios para la instalación y acopio de agua potable.
13. Apoyar la implementación de un programa de educación para la salud respecto al agua de consumo.

#### VIII. Protección al paisaje y morfología

14. Implementar medidas con el objeto de reducir la visibilidad de las instalaciones, modificando la vía de acceso a la planta para evitar la percepción visual desde la vía turística.
15. Utilizar pantallas visuales para evitar la observación directa de la planta de preparación mecánica desde la carretera.
16. Buscar un uso alternativo de los estériles y materiales no aprovechables.

#### CONCLUSIONES

- Los principales impactos negativos tienen lugar en la fase de explotación del proyecto.
- En la fase de construcción los impactos críticos responden, en gran medida, a una misma acción sobre varios factores y a varias acciones sobre un mismo factor.
- El medio físico y el biótico resultan los de mayor impacto negativo.
- Los impactos positivos corresponden al medio socioeconómico.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYALA CARCEDO, F. J.: "La identificación de alteraciones y la evaluación del impacto ambiental", en *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, pp. 59-71, Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1994.
- CONESA, VÍCTOR: *Metodología para la evaluación del impacto ambiental*, Ed. Mundi – Prensa, Madrid, España, 1995.
- RODRÍGUEZ PÉREZ, JOSÉ: "Recursos mineros y canterables", en *Geología Ambiental. Texto básico del Diplomado en Evaluación de Impacto Ambiental*, pp. 28-31, ISJAE, La Habana, 1998.
- VADILLO FERNÁNDEZ, L.: *Guía de restauración de graveras*, 208 pp., Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1994.