

INDICADORES BIOLÓGICOS DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL EN EXPLOTACIONES DE LA BARRERA ORIENTAL DE LA COSTA ATLÁNTICA BONAERENSE

**Taverna, Bernardo D.¹; Antenucci, Daniel²;
Cicchino, Armando³; Lupo, Sebastián³; y Del Río, Julio Luis¹**

¹Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario
CICPBA. Funes 3350 Mar del Plata C.P. 7600. (0223) 475-4060.
bdtaverna@hotmail.com

²Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – CONICET.

³GENEBSO – INBIOTEC.

Palabras claves: áridos, minería de arenas, recuperación ambiental, memoria ecológica.

Resumen

Los áridos representan el principal insumo para la construcción. Gran parte de este recurso es extraído de los médanos o dunas que se extienden a lo largo de la costa atlántica bonaerense. Por otra parte se reconoce un impacto profundo de la actividad minera extractiva de arena que puede modificar el ecosistema, como por ejemplo, el hábitat de las comunidades que lo habitan. Para establecer la capacidad de resiliencia del sistema y consecuentemente establecer la capacidad de recuperación ambiental del sector estudiado se realizó un perfil granulométrico en sectores de intensa actividad extractiva que a su vez es el hábitat de especies autóctonas del cordón dunario. A pesar de la actividad extractiva que implica fuertes transformaciones del sustrato, especialmente caminos de tránsito de maquinaria, el sedimento actual muestra características granulométricas similares a las naturales y consecuentemente son susceptibles de ser recolonizadas por las especies originales. Este hecho representa una condición favorable para la recuperación, ya que el sedimento es el primer elemento de la memoria ecológica de un ambiente.

1. Introducción

Los áridos son las principales materias primas para la construcción urbana, desarrollo de infraestructuras e industrias, lo que les confiere un carácter de material estratégico para el desarrollo. Según diversas fuentes [1], son el segundo recurso más consumido por el hombre después del agua. Este insumo crítico para el desarrollo humano proviene tanto de la trituración de rocas cristalinas como de la extracción directa de depósitos sedimentarios como playas, dunas o ríos.

La Provincia de Buenos Aires se constituyó durante varios años como la principal provincia minera del país, especializándose en la extracción de áridos [2]. En la provincia se producen alrededor de 50 millones de toneladas anuales de áridos, principalmente calizas, dolomías, cuarcitas, granitos, arenas, tosca, arcilla, conchilla. Estas cifras hacen de Buenos Aires la principal provincia productora de áridos. La fracción correspondiente a arenas alcanza unas 9.979.967 toneladas anuales siendo solo superada por el granito triturado que alcanza unas 13.201.917 toneladas por año. Esto convierte a la arena en el segundo recurso minero más importante de la provincia [3]. Las principales empresas mineras que se encargan de la explotación de éstos áridos se ubican sobre los sistemas de dunas a lo largo de la Costa Atlántica.

Al mismo tiempo estas dunas son el soporte económico de las ciudades que se construyen con estos áridos, porque representan un destino con alta demanda para el turismo provincial, siendo ecosistemas complejos de alta fragilidad. Esta multiplicidad de usos conlleva un desafío para su gestión.

En la actualidad se registran fuertes presiones en los ambientes costeros debido a la tendencia poblacional de asentarse cerca de las costas, ya sea por turismo o para evitar conflictos de presión de población en el área continental [4]. Se estima que para el 2020 cerca del 60% de la población residirá dentro de la franja de 60 km de la costa [5]. Muchas localidades remotas que estaban poco desarrolladas en el pasado están sometidas a la presión del desarrollo [6]. En la República Argentina la provincia de Buenos Aires no es la excepción, durante los últimos 40 años la franja costera conocida como costa atlántica ha mostrado un elevado desarrollo urbano [7].

Típicamente, actividades como la minería, alteran la dinámica costera y los procesos naturales, eliminan la variabilidad topográfica, fragmentan, alteran o eliminan hábitats, reducen la biodiversidad y amenazan especies endémicas [8].

Estos ambientes medanosos son hábitat de diversos organismos. Varias comunidades vegetales y animales se desarrollan en los médanos y la dinámica de estos grupos se ve modificada por la extracción de sedimento que modifica la morfología del ambiente. Comunidades autóctonas como los artrópodos o mamíferos, por ejemplo *Ctenomys talarum*, así como otras introducidas, por ejemplo la liebre europea (*Lepus europaeus*), se ensamblan en estos ambientes de pastizales característicos [9] [10]. Por lo tanto el impacto sobre los médanos es un disparador de estrés sobre todas estas comunidades.

Memoria Ecosistémica

Producto de actividades antrópicas, como puede ser la explotación minera, los ecosistemas se ven sometidos a un impacto profundo que es factible que genere alteraciones a nivel ambiental de tipo geomorfológico o biológico. Una vez finalizada la actividad extractiva un resultado óptimo sería alcanzar un estado donde se desarrolle la recuperación ambiental del área degradada. Bajo el concepto de recuperación ambiental se considera al desarrollo de características naturales similares a las existentes previamente a la actividad de impacto sobre un sector explotado [11], por lo tanto este sector convergería hacia una neoneaturalidad que presentaría elementos propios de las condiciones nativas.

La capacidad de desarrollar un estado de recuperación ambiental es una forma de establecer la sustentabilidad de una actividad, por lo tanto la evaluación y el seguimiento del desarrollo de un yacimiento minero posterior al cese de explotación es fundamental para poder establecer un parámetro del nivel de sustentabilidad de la actividad.

Sin embargo para lograr un estado de recuperación ambiental deben mantenerse vigentes en las inmediaciones los elementos bióticos y abióticos que componen el ecosistema primigenio. Dentro de los factores abióticos el sedimento es uno de los principales actores, debido a las características que puede presentar respecto de la capacidad de retención del agua, la mineralización o la capacidad de intercambio del dióxido de carbono [12].

Estos elementos componen la llamada memoria ecosistémica, y son fundamentales en el recupero de un ambiente impactado. La memoria ecosistémica se conforma de dos elementos primordiales, una memoria interna, con elementos ecológicos nativos dentro del área impactada, y una memoria externa, con elementos que se encuentran por fuera del área de explotación [13].

Ingeniería Ecosistémica

El término ingeniero ecosistémico es usado a menudo para describir el efecto que producen ciertos organismos en su entorno, por el cual modifican las condiciones del ambiente, mantienen el estado existente del ambiente o directamente crean nuevos hábitats, de esta forma se establecen relaciones tróficas particulares que están asociadas a la actividad de estos individuos [14].

Ejemplo de estas condiciones son los castores, que al desarrollar sus presas se generan pasivos de agua que se eutrofizan y se desarrollan microorganismos; otro ejemplo son los organismos excavadores como los escarabajos de la familia Cárabidos o algunos mamíferos excavadores como los miembros del género *Ctenomys* [15], que a través de sus hábitos producen una remoción de suelos y una recirculación de sedimento que permite la acumulación de nutrientes minerales en la superficie, debido al sedimento que movilizan a la superficie del suelo, y que facilita la circulación de estos nutrientes en los distintos ciclos del suelo, facilitando la germinación de nuevos individuos vegetales.

De hecho muchos de estos animales son además considerados como especies claves, es decir, que su actividad produce un efecto significativo en el ambiente

con pocos individuos [16]. Son organismos que de ser erradicados de alguna manera de un hábitat se produciría una modificación muy profunda en el equilibrio del mismo [14]. De este modo la conservación en un hábitat de estas especies claves es fundamental para el normal desarrollo, funcionamiento y equilibrio del mismo.

A su vez la estrecha interacción que existe entre estos organismos y el ambiente en el que se desarrollan permite establecer una herramienta de gran importancia en el estudio de ambientes impactados utilizando estas especies como bioindicadores de impacto. Se puede definir un organismo bioindicador, en su sentido amplio, como aquél cuyas funciones vitales están muy condicionadas, por su grado de especialización, por efectos medio ambientales, tanto naturales como antropogénicos, de tal manera que pueden ser utilizados para señalar la presencia de alguno de estos factores [17]. A través del monitoreo del desarrollo de los bioindicadores, o incluso del simple análisis de su ocurrencia o no, se puede evaluar el estado ambiental de un sector posterior a los efectos de impacto que un hábitat puede haber recibido, por ejemplo, la actividad minera.

De este modo la conservación de ingenieros ecosistémicos que además representan especies clave, conforman elementos de preponderancia como componentes de la memoria ecosistémica, que facilitan una rápida determinación del estado actual y de las posibilidades de recuperación de un área impactada.

Dado que muchas de las comunidades faunísticas asociadas a los médanos son excavadoras, el estado sedimentológico de estas áreas es fundamental para determinar el grado de restauración al que pueden acceder los sectores impactados por la minería, entendiendo a este factor como el inicio de la memoria ecosistémica y el posterior desarrollo del ambiente. El presente trabajo exhibe una caracterización granulométrica y física del sedimento para determinar la capacidad inicial de recuperación ambiental del área, y establece el primer antecedente para la futura evaluación de la capacidad de los sistemas dunarios explotados por sus arenas para recuperarse ecológicamente.

Objetivo

Analizar el estado sedimentológico de la arenera como primer paso para la recuperación ambiental desde el punto de vista de la memoria ecológica.

Ubicación

El predio en explotación se encuentra ubicado a mil doscientos (1200) metros al este de la Ruta N° 11 Interbalseña, a la altura del Km. 429, dentro del Partido de General Madariaga.

Actividad minera

La Arenera Querandí esta activa desde el año 2004 aproximadamente. El material que se extrae pertenece en su totalidad a arenas predominantemente finas hasta medianas, con distribuciones unimodales.

La explotación se realiza mediante palas frontales que actúan sobre un único nivel desde cota 9 msnm (piso de la explotación) hasta la cota máxima de 13,5 msnm. El frente de explotación presenta una altura promedio próxima a los 2 y 3 metros de altura.

El material extraído se prepara en pilas de acopio transitorio desde donde serán cargados a camiones que los transportan directamente a los sitios de consumo.

El diseño de la arenera contempla una secuencia de áreas extractivas separados por zonas de conservación donde las actividades extractivas y el tránsito vehicular están prohibidas.

El espesor no saturado ha sido monitoreado en forma periódica en un pozo localizado en la zona de construcciones de administración de la arenera Querandí. En este pozo (cota 8.28 msnm) se ha revelado una presencia somera del nivel freático y con una variabilidad extrema de 2,05 cm entre las épocas secas y húmedas

2. Materiales y métodos

El área de estudio fue dividida en 4 sectores considerando su año de cese de explotación, a saber 2006, 2007, 2009 y 2011, para establecer si existen diferencias en las características sedimentológicas según el tiempo de cese de explotación del sector. También se relevó un quinto y un sexto sector denominado conservación y pistas, respectivamente (Fig. 1), que corresponden con un área que se preservó virgen y que no fue explotada con la intención de que este sector funcione como amortiguador ecológico del impacto de explotación de la actividad extractiva, el otro sector se corresponde con las antiguas pistas de laboreo por donde transitaban los camiones que trabajaban en el área.

Con la intención de analizar las características granulométricas de cada uno de los sectores estudiados se tomaron muestras de sedimentos de la superficie del terreno en distintos puntos de cada una de las áreas estudiadas. Estas muestras fueron tamizadas en seco, para poder fraccionarlas en cada una de las granulometrías que la componen utilizando tamices con cribas ASTM de medidas de +10 a +270, con un intervalo de 0.5 phi entre ellas.

Los valores de las fracciones fueron tabulados y utilizados luego para obtener los estadísticos granulométricos de media, mediana y desvío estándar siguiendo la metodología desarrollada por Folk y Ward [18].



Fig. 1 Mapa de los sectores relevados.

3. Resultados

2006: Se trata de sedimentos arenosos finos con arena gravosa fina. El máximo de material pelítico es de 2,98% y el promedio muestra un valor de 1,64%. La moda exhibe que las muestras son unimodales y presentan una moda poco marcada siendo la diferencia entre la admixtura mayor y la siguiente en todos los casos inferior o igual al 20%. La moda se encuentra ubicada en todos los casos en la fracción arena fina. La media se observa homogénea con valores entre 2,093 y 2,198 phi. La mediana difiere ligeramente de la media. El análisis del desvío estándar informa que las muestras son moderadamente bien seleccionadas. El percentil 1, que expresa la máxima energía del agente de depósito, se encontró en el rango de 0,25 a 0,76 phi.

2007: Los resultados para este sector presentan sedimentos arenosos finos con arena gravosa fina. El máximo de material pelítico corresponde con 2,88%, con un promedio de 1,16%. Se corroboró un comportamiento unimodal en todas las muestras salvo para una muestra que mostró un perfil bimodal, también se observó una moda poco marcada que se ubica en la fracción arena fina. Las muestras exhiben una media homogénea que varía ligeramente entre cada una, cuyos valores se encuentran entre 2,101 y 2,171 phi. La mediana difiere ligeramente de la media. Por otra parte, las muestras presentaron una selección moderadamente buena en todos los casos a excepción de la muestra 5 que indicó una selección

moderada. Para este sector el percentil 1 mostro una variación de 0,3 a 0,55 phi.

2009: En este caso los sedimentos revelaron una composición arenosa fina con arena gravosa fina. El material pelítico tuvo como máximo un porcentaje de 2,03%, con un promedio de 1,23%. Las muestras presentaron un comportamiento unimodal en todos los casos, con una moda poco marcada con característica de arena fina. Se evidencia una media homogénea entre las muestras, que varía ligeramente entre las mismas, cuyos valores se encuentra entre 2,069 y 2,274 phi. La mediana tiene diferencias menores con la media. Además, se evidencio una selección moderadamente buena para las muestras. Aquí el percentil 1 exhibió una fluctuación entre valores de 0,575 a 1,07 phi.

2011: Para este sector se encontró un sedimento arenoso con arena gravosa fina. La composición pelítica para este sector tuvo un máximo 0,66% y cuyo promedio es de 0,48%. Se observó un comportamiento unimodal en todos los casos, con una moda poco marcada correspondiente a arena fina. Se puede ver que la media se muestra homogénea, con pequeñas variaciones, estos valores se encuentran entre 2,017 y 2,292 phi. La mediana presenta ligeras variaciones con respecto a la media. También se corroboró una selección moderadamente buena en todos los casos. En estas muestras la medición del percentil 1 arrojó una variación ubicada entre 0,35 y 0,88 phi.

Conservación: En este sector se encuentran sedimentos arenosos con arena gravosa fina. Se registró una

Sector	Muestra	Media	Mediana	Des. Est.	Par. C	Tipo	Textura	Sedimento
2006	BT 1	2,198	2,202	0,626	0,7	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 2	2,148	2,151	0,656	0,74	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 3	2,153	2,152	0,645	0,76	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 4	2,156	2,163	0,588	0,625	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 5	2,191	2,199	0,680	0,37	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 6	2,093	2,119	0,576	0,25	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 7	2,109	2,126	0,591	0,3	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
2007	BT 1	2,101	2,121	0,551	0,35	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 2	2,170	2,171	0,677	0,45	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 3	2,115	2,126	0,541	0,4	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 4	2,165	2,166	0,654	0,3	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 5	2,171	2,156	0,708	0,55	Bimodal, MS	ALG	AFLGMF
	BT 6	2,106	2,127	0,603	0,325	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 7	2,104	2,121	0,580	0,45	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
2008/9	BT 1	2,274	2,267	0,553	1,07	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 2	2,069	2,099	0,535	0,575	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 3	2,219	2,226	0,546	0,725	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 4	2,168	2,181	0,510	0,86	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
2011	BT 1	2,077	2,086	0,583	0,35	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 2	2,017	2,049	0,531	0,45	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 3	2,097	2,113	0,551	0,45	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 4	2,158	2,155	0,573	0,675	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 5	2,292	2,287	0,556	0,88	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
Pistas	BT 1	2,133	2,160	0,604	0,4	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 2	2,145	2,186	0,753	0,25	Unimodal, MS	ALG	AFLGMF
	BT 3	2,081	2,126	0,621	0,25	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
Conservación	BT 1	2,197	2,197	0,595	0,5	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 2	2,133	2,127	0,596	0,64	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 3	2,117	2,124	0,597	0,5	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 4	2,128	2,122	0,699	0,17	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 5	2,206	2,211	0,517	0,95	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF
	BT 6	2,141	2,153	0,608	0,75	Unimodal, MBS	ALG	AFLGMF

Tabla 1. Datos granulométricos de los sectores, las unidades se expresan en phi. MBS= Moderadamente bien seleccionado, MS= Moderadamente seleccionado, ALG= Arena ligeramente gravosa, AFLGMF= Arena fina ligeramente con grava muy fina.

composición pelítica que presentó un máximo de 2,74%, con un promedio de 1,50%. Se registró un comportamiento unimodal para todas las muestras, con una moda marcada para las muestras 1 y 5, y poco marcada para las restantes, en todos los casos la moda fue ubicada en arena fina. Las medias de estas muestras exhiben una condición homogénea, con valores ubicados entre 2,117 y 2,206 phi. La mediana posee ligeras variaciones respecto de la media en todas las muestras, excepto en la muestra 1 en cuyo caso la media es igual a la mediana. En el caso de la selección, todas las muestras revelaron una selección moderadamente buena. En este caso el rango del percentil 1 se ubicó en valores del orden de 0,517 y 0,699 phi.

Pistas: Para el sector de pistas se registró un sedimento arenoso con arena gravosa fina. La composición pelítica presentó un porcentaje máximo de 2,65%, además el promedio fue de 1,70%. Se observó un comportamiento unimodal en todos los casos, con una media poco marcada. Fueron registradas para estas muestras medias con una condición homogénea, con valores ubicados entre 2,081 y 2,145 phi. La mediana en todos los casos difiere ligeramente. Finalmente, se verificó una selección moderadamente buena para todas las muestras, excepto la muestra 2 que mostro una selección moderada. Para estas muestras el percentil 1 osciló entre 0,25 y 0,4 phi.

Las condiciones texturales de los ambientes impactados respecto del área de conservación exhiben valores similares, esta situación resulta en condiciones apropiadas para la fauna excavadora principalmente para organismos como *Ctenomys talarum*, que presentan un hábito de vida fosorial, ya que la arena representa un elemento fundamental en su modo de vida. Sin embargo otras variables deben ser evaluadas para garantizar la recolonización de organismos como *C. talarum*.

4. Discusión

Desde fines del siglo XIX comenzaron a desarrollarse ciudades costeras en la provincia de Buenos Aires, pero ha sido desde la segunda mitad del siglo XX cuando el flujo poblacional y el desarrollo económico impulsaron la creación de villas costeras y se disparó el crecimiento urbano de las ciudades ya existentes.

Hoy se pueden contabilizar unas 40 urbanizaciones costeras entre ciudades de mayor magnitud como Mar del Plata y Bahía Blanca, hasta pequeñas villas veraniegas como Camet Norte o la Baliza.

Estas villas y ciudades han sido construidas a expensas de geo recursos provenientes de la dinámica sedimentaria que caracteriza a las áreas costeras, más concretamente a partir de las arenas de playa y médanos. Pero este desarrollo ha tenido y tiene consecuencias ambientales. Así, surge el interrogante ¿son sustentables las ciudades costeras que se desarrollan a expensas de las cadenas medanosas de las que reciben los áridos para la construcción, el agua de consumo, el sumidero de los efluentes y transforman la belleza del paisaje natural y alteran la diversidad de su flora y su fauna?

El éxito de la recuperación ambiental, en el sentido aceptado por Gallego Valcarce [11] depende de la integridad de la memoria ecosistémica. Según Gallego, un ambiente explotado recupera sus características preliminares por consecuencias naturales una vez abandonadas las actividades extractivas y la memoria ecosistémica es la responsable de ello. Esta última posee dos componentes, el interno y externo. El primero de ellos es propio del ambiente que se está analizando (la arenera) y el segundo depende de las zonas aledañas al sitio de estudio (sistemas de médanos fuera del área de explotación). La asociación entre ambos componentes y a su vez, la similitud que estos posean respecto con las características ambientales previas a la explotación son las que permitirán la recuperación del ambiente contribuyendo con la resiliencia del mismo y, por ende, con la tolerancia al disturbio [19].

Marcomini y Lopez [20] encontraron que, en un ambiente de playa, la actividad extractiva generaba una modificación en la granulometría del sedimento. En dicho trabajo determinaron un aumento del tamaño de grano asociado al efecto erosivo de la actividad minera sobre la costa. Además la vegetación que se desarrolla sobre la arena puede alterar el transporte de sedimento [21], situación que podría modificar el perfil granulométrico de la duna.

El análisis granulométrico de las muestras de sedimento demuestra que el mismo se mantiene en condiciones similares a las preextractivas, pese a la extrema alteración de la geoformas. Además, de acuerdo con Mazzoni [22] valores de alrededor de 0,5 phi en el percentil 1, son esperables para sedimentos correspondientes a arenas eólicas. De este modo se mantiene constante la energía del agente sedimentario. Por lo tanto, existe una alta probabilidad de que el ambiente pueda recuperarse considerando que la memoria ecosistémica interna, contenida en el sector de conservación y en los sectores donde la explotación ha cesado, se ha mantenido, al menos, en lo que respecta a las características sedimentológicas. En consecuencia, es de esperar que gran parte del registro ecológico previo a la explotación se encuentre representado [13].

Existe un precedente de recuperación ambiental en el área donde se demuestra que la comunidad vegetal se encuentra en desarrollo estable, repoblando las áreas impactadas y generando una nueva cubierta de plantas [23]. Al menos un 74% de las especies que conforman esta neo-comunidad serían nativas. Estos resultados indican una buena representación del legado biológico presente en este sitio [24] previo a toda actividad humana. Esto es un factor clave en la determinación de la capacidad de resiliencia del ambiente y en consecuencia de la absorción de los impactos originados por la minería ya que la recomposición de la estructura vegetal permitiría el consecuente desarrollo de la fauna asociada a estas comunidades. Por otra parte se ha documentado la reaparición de ejemplares de *Ctenomys talarum* en la zona correspondiente a las pistas de laboreo así como en sectores que han sufrido intensa transformación a raíz de la actividad minera [25], esta especie debido a

que su consideración como especie clave e ingeniero ecosistémico desarrolla junto con los artrópodos y otros organismos fosoriales un rol fundamental en el ciclado de nutrientes y replantación vegetal (Fig. 2, Fig. 3).



Fig. 2 Montículos correspondientes a la arena desplazada por *Ctenomys talarum* en la excavación de la cueva sobre sector impactado.



Fig. 3 Individuo de *C. talarum* en su cueva

Si bien el panorama resulta prometedor, como queda de manifiesto según lo expuesto anteriormente, es necesario aclarar que el impacto antrópico también repercute sobre la memoria ecosistémica en ambos componentes. Por ejemplo, en los sitios explotados, la capacidad de drenado se ha visto modificada y, por ende, se han conformado humedales. A esto debe asociarse, a su vez, las actividades relacionadas con los movimientos trashumantes de hacienda vacuna. De esta manera, aun cuando es esperable que gran parte de la flora y fauna presente en el entorno anterior a las actividades extractivas se encuentre representada, también es factible que se incluyan nuevos integrantes al elenco faunístico y florístico como consecuencia de las modificaciones ocurridas en el área. Por ello es posible que se encuentren representadas en la nueva memoria interna, especies vegetales y animales asociadas a estos humedales y que no estaban representados previamente. Así el resultado final podría culminar en una neofoma cuya memoria interna refleje tanto las comunidades presentes anteriormente sumado a las nuevas, originando

así un sitio incluso mucho más rico en lo que refiere a diversidad de especies.

5. Conclusiones

- El análisis textural del sedimento de las áreas impactadas se corresponde con lo esperado naturalmente para el área.
- La consistencia en el análisis textural es un primer indicador de estabilidad ambiental
- Se observó la presencia de individuos de *Ctenomys talarum* en áreas que tuvieron intensa actividad como las pistas o las áreas explotadas
- Como primer elemento de la memoria ecosistémica, el mantenimiento de las características granulométricas, es un antecedente prometedor para el desarrollo de la recuperación ambiental y la posible resiliencia del ambiente.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su reconocimiento a la Sra. Margarita O. Arbelaiz por su permanente apoyo y estímulo para el desarrollo de los trabajos en su establecimiento. Queremos expresar nuestro reconocimiento a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC - PBA) por el financiamiento de la presente contribución a través del subsidio otorgado en el marco del proyecto "ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y DESARROLLO DE CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL PARA LAS EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS NATURALES DEL SISTEMA DE DUNAS, APLICABLES AL DESARROLLO URBANO E INFRAESTRUCTURA DE LAS CIUDADES DE LA COSTA ATLÁNTICA BONAERENSE".

Bibliografía

- [1] ANEFA. 25/04/2017. El SECTOR. Recuperado de: <http://www.aridos.org/el-sector/>
- [2] del Río, J. L., Caballé, M., Osterrieth, M., Kirilovsky, E., Bó, M. J., López de Armentia, A., ... & Mallo, J. C. (2008). Aplicación de un sistema de indicadores ambientales para la estimación del riesgo de la actividad minera en zonas periurbanas. *Rev. Geol. Apl. Ing. Ambient*, 22, 43-48.
- [3] Ministerio de Producción de la Provincia de Buenos Aires. 02/08/2017. La minería en la provincia de Buenos Aires. Recuperado de http://www.mp.gba.gov.ar/sicm/mineria/downloads/la_mineria_en_la_provincia_de_buenos_aires.pdf
- [4] Brown, A. C. and McLachlan, A. 2002. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. *Environmental Conservation* 29: 62-77.
- [5] UNCED. 1992. Protection of oceans, all kinds of seas,

including enclosed and semi-enclosed seas, and coastal areas and the protection, rational use and development of their living resources, Ch. 17, Agenda 21, United Nations Conference on Environment and Development.

[6] Brown, A. C., Nordstrom, K. F., McLachlan, A., Jackson, N. L., and Sherman, D. J. 2008. The future of sandy shores. In *The Waters, Our Future. Prospects for the Integrity of Aquatic Ecosystems*, ed. N. Polunin. Cambridge: Cambridge University Press.

[7] Marcomini, S.C., López, R. 2006. Geomorfología costera y explotación de arena de playa en la provincia de Buenos Aires y sus consecuencias ambientales. *Rev Bras Geomorfol* 7(2):61-71.

[8] Faggi, A., Dadon, J. 2011. Temporal and spatial changes in plant dune diversity in urban resorts. *Journal of Coastal Conservative* 15, 585-594.

[9] Antinuchi, C.D. and Busch, C. 1992. Burrow structure in the subterranean rodent *Ctenomys talarum*. *Z. Saeugetierkd.* 57: 163- 168.

[10] Ringuelet RA, Aramburu RH. Enumeración Sistemática de los Vertebrados de la Provincia de Buenos Aires. 1957; 119: 1-93.

[11] Gallego Valcarce, E., y Vadillo Fernández, L. 1992. Reclaiming areas degraded by mining operations. In *Planning the Use of the Earth's Surface* (pp. 393-408). Springer Berlin Heidelberg.

[12] Huxman, T. E., Cable, J. M., Ignace, D. D., Eilts, J. A., English, N. B., Weltzin, J., & Williams, D. G. 2004. Response of net ecosystem gas exchange to a simulated precipitation pulse in a semi-arid grassland: the role of native versus non-native grasses and soil texture. *Oecologia*, 141(2), 295-305.

[13] Bengtsson, J., Angelstam, P., Elmqvist, T., Emanuelsson, U., Folke, C., Ihse, M., ... & Nyström, M. 2003. Reserves, resilience and dynamic landscapes. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 32(6), 389-396.

[14] Jones, C. G., Lawton J. H. and Shachak M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373-386.

[15] Hansell, M. H. 1993, The ecological impact of animal nests and burrows. *Functional Ecology* 7:5-12.

[16] Power, M. E., Turnan D., Estes J. A., Menge B. A., Bond W. J., Mills L. S., Daily G., Castilla J. C., Lubchenco J. y Paine R.T.. 1996. Challenges in the quest for keystones. *Bioscience* 46:609-620.

[17] Hawksworth, D.L. 1992. Litmus tests for ecosystem health: the potential of bioindicators in the monitoring

of biodiversity. In: Swaminathan MS, Jana WS (Eds.) *Biodiversity: Implications for global food security*. Madras, Macmillan India: 184-204.

[18] Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1).

[19] Dale, V.H., Lugo, A.E., MacMahon, J.A. and Pickett, S.T.A. 1998. Ecosystem management in the context of large, infrequent disturbances. *Ecosystems* 1, 546-557.

[20] Marcomini, S. C., López, R. A. 1999. Alteración de la dinámica costera por efecto de la explotación de arena de playa, partidos de General Alvarado y Lobería, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 6(1-2), 1-18.

[21] Buckley, R. 1987. On the transport of dune sand by wind. *Nature*, 325, 29.

[22] Mazzoni, M. M. 1973. El uso de medidas estadísticas texturales en el estudio ambiental de arenas (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Naturales y Museo).

[23] Fernández Montoni, M. V., Honaine, M. F., and del Río, J. L. 2014. An Assessment of Spontaneous Vegetation Recovery in Aggregate Quarries in Coastal Sand Dunes in Buenos Aires Province, Argentina. *Environmental management*, 54(2), 180-193.

[24] Thompson, J.N., Reichman, O.J., Morin, P.J., Polis, G.A., Power, M.E., Sterner, R.W., Couch, C.A., Gough, L., Holt, R., Hooper, D.U., Keesing, F., Lovell, C.R., Milne, B.T., Molles, M.C., Roberts, D.W. and Strauss, S.Y. 2001. *Frontiers of ecology*. *Bioscience* 51, 15-24.

[25] Taverna, B. D., Antenucci, D., Del Río J. L. 2016. EFECTO DE LA MINERÍA DE ÁRIDOS SOBRE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA ESPECIE *Ctenomys talarum* EN UN YACIMIENTO DE GRAL. MADARIAGA. Congreso Biólogos en Red XI. ISBN 1853-3426.