



**LOS ARROYOS DE BAJA CALIFORNIA SUR (MÉXICO):
CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y APLICACIÓN
DE UN ÍNDICE DE ESTADO DE ALTERACIÓN (IAR)**

*Dry streams from Baja California Sur: Characterization and application
of one environmental damage index (IAR)*

M.^a L. Suárez(1), M.^a R. Vidal-Abarca,(1) I. Navarro(1), R. Gómez(1) & F. López(2)

(1) Dpto. de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo, 30100 Murcia (España)

(2) Dpto. de Geografía. Universidad de Murcia
mlsuarez@um.es; charyvag@um.es; lopber@um.es

Resumen: Aunque los cursos secos constituyen la mayoría de los cauces de la red de drenaje de las regiones áridas y semiáridas, existen muy pocos estudios que aborden las características morfoestructurales, ambientales y estado de conservación de estos singulares ecosistemas. En este trabajo se analizan las características geomorfológicas, ambientales y usos del territorio de 24 arroyos de Baja California Sur. Para establecer su estado de conservación se aplicó el Índice de Alteración de Ramblas (IAR) cuya eficacia ha sido probada en ramblas del Sureste español, con las que los arroyos sudcalifornianos guardan una gran similitud.

Palabras clave: arroyos, Baja California Sur, características morfológicas, usos del territorio, estado de conservación.

Abstract: Although dry streams are the dominant drainage system in the arid and semiarid regions, there are few studies that analyzing morphological and environmental features and their conservation status. In this paper the geomorphologic, environmental features and land management of 24 ephemeral streams from Baja California Sur are analyzed. To establish their conservation status we applied "Índice de Alteracion de Ramblas" (IAR), which has been elaborated to Southwest ramblas of Spain. These ecosystems present many similarities with dry streams from Baja California Sur.

Keywords: dry streams, Baja California Sur, morphological features, land management, conservation status.



M.^a L. Suárez Alonso, M.^a R. Vidal-Abarca Gutiérrez, I. Navarro Lucas, R. Gómez Cerezo & F. López Bermúdez (2010). Los arroyos de Baja California Sur (México): caracterización ambiental y aplicación de un índice de estado de alteración (IAR). *Rev. C. & G.*, 24 (1-2), 63-77.

1. Introducción

Los cursos de agua estacionales o episódicos, *arroyos* en América, *ramblas* en el ámbito mediterráneo semiárido son, especialmente, sensibles a los escenarios de cambio, y destacan por su irregularidad hidrológica, espacial y temporal. Los arroyos o ramblas son cauces con características geomorfológicas e hidrológicas singulares que los hacen diferentes de otros sistemas vectoriales (Segura, 1990; López Bermúdez et al., 1998; Bull & Kirkby, 2002). Las ramblas presentan cauces anchos, profundamente excavados en el sustrato, taludes altos y sustrato en el lecho muy heterogéneo (Bianqui et al., 1986; Vidal-Abarca et al., 2004; Gómez et al., 2005). Hidrológicamente se caracterizan por transportar agua solo durante una época breve del ciclo hidrológico tras las lluvias o, si la presentan, se distribuye de forma intermitente en el cauce en relación con la surgencia de agua de acuíferos más profundos (Vidal-Abarca et al., 1992; Suárez et al., 1995, Uys & O’Keeffe, 1997), formando entonces los oasis (Maya et al, 1997a; Ruíz-Campos et al., 2002). Las ramblas o arroyos, son, pues, sistemas abiertos de proceso-respuesta de un conjunto de interacciones ambientales que dan como resultado una hidrología, morfología y paisaje específicos. La magnitud, frecuencia y dinámica de las redes de estos cursos fluviales, pueden constituir buenos indicadores de los procesos de erosión, desertificación y cambio que registran los paisajes secos.

Cuantitativamente, los cauces secos suponen buena parte de las redes de drenaje de muchas partes del mundo (Graf, 1988; Sheldon, 2005) y particularmente, los arroyos secos son los sistemas vectoriales más importantes de la red fluvial de las tierras de Baja California Sur (Maya et al, 1997a) y de ahí su importancia a nivel territorial que justifica su estudio. Además juegan un papel básico en la organización de la escorrentía superficial de las cuencas de drenaje, siendo los ejes de evacuación del agua más oriundos del ámbito árido y semiárido del planeta (Vidal-Abarca et al., 1996).

En este sentido, ramblas y arroyos presentan un problema muy particular, por la morfología de sus cuencas, fuertes pendientes, corto recorrido, escasez de cobertura vegetal, y otros parámetros,

cuando sobre el territorio drenado se registran lluvias copiosas e intensas, suelen originar avenidas de tipo *flash-flood* de importantes consecuencias ambientales. El estudio de avenidas en ramblas y arroyos constituye uno de los aspectos clave para entender el riesgo de inundación en ambientes áridos y semiáridos

La importancia funcional de ramblas y arroyos es obvia, más aún teniendo en cuenta las consecuencias hidrológicas del cambio climático (Christensen & Christensen, 2004; Prieto et al., 2004). A pesar de ello, no existen estudios que aborden las características morfoestructurales, ambientales y estado de conservación de estos singulares ecosistemas en la región árida y semiárida de Baja California Sur.

El objetivo principal del estudio es analizar las características geomorfológicas, ambientales y usos del territorio de los arroyos de Baja California Sur y aplicar el Índice de Alteración de Ramblas (IAR) (Suárez y Vidal-Abarca, 2008) con el fin de establecer su estado de conservación.

2. Área de estudio

El estudio se realizó en la región este-sur de Baja California Sur (México), que incluye el territorio que drena hacia el Mar de Cortés (Golfo de California) entre los paralelos 25° y 23° (Fig.1). La Sierra de la Giganta (altitud 1680 msm) y la de La Laguna (altitud 2200 msm) vertebran de norte a sur en dos secciones a la región de Baja California Sur. Al oeste y drenando al Pacífico se organiza una red de drenaje con algunos cauces que transportan agua de forma temporal o permanente. Hacia el este y vertiendo al Golfo de California la red está constituida casi exclusivamente por arroyos secos (INEGI, 1996).

Se trata del Estado de la República Mexicana que recibe menor cantidad de lluvia, por lo que su red de drenaje más oriunda son los arroyos o cauces secos durante la mayor parte del año. Además, dada la escasez de agua, los acuíferos de la zona se encuentran sobreexplotados (Díaz et al., 2004), lo cual acentúa más aún la aridez del sector. La combinación de la aridez de este territorio junto a la orografía, baja permeabilidad del suelo y fuerte pendiente de las montañas, se expresa en los

arroyos intermitentes que cubren el territorio (Díaz y Troyo, 1997).

El clima es muy seco y cálido, con una precipitación total anual media de 190 mm. La temperatura media anual es de 22°C, con valores máximos superiores a 35°C en verano y mínimas de 14°C en invierno. Las lluvias caen en forma de aguaceros de corta duración y alta intensidad durante los meses de verano, coincidiendo con los ciclones tropicales (Wurl y Ureña Ruíz, 2004). Según Peinado et al. (1944) todo el territorio prospectado pertenece al piso bioclimático termotropical, en el que la precipitación anual puede variar entre 50 y 400 mm según las condiciones locales.

Estas características ambientales áridas se manifiestan, igualmente, en la vegetación típica del desierto, con un matorral xerófilo, sarcocaula y espinoso (Arriaga, 1997; Arriaga et al., 1997).

3. Metodología

El estudio se llevó a cabo en 24 arroyos localizados en el este-sur de Baja California Sur (Fig. 1, Tabla 1). La valoración de los parámetros analizados se efectuó en una sección de 100 m en cada uno de los arroyos seleccionados. Se analizaron un total de 19 parámetros ambientales, de los cuales siete son geomorfológicos, con el

objetivo de valorar el estado de conservación del lecho del arroyo. Otros siete parámetros se refieren a la vegetación del lecho del arroyo, constituye el elemento biológico para establecer su estado de naturalidad. Cuatro parámetros se refieren a la conectividad entre el cauce y las laderas y los usos del suelo a ambos lados de los arroyos. Estas variables se cuantifican de forma visual y semicuantitativa en ambas márgenes del arroyo, independientemente. La conectividad valora la continuidad que existe entre la ladera y el cauce. En cuanto a los usos del suelo, se valoraron en %, el uso agrícola, urbano, industrial y el natural que incluye las formaciones vegetales típicas del ámbito árido y semiárido (Tabla 2). Finalmente, se analizaron y cuantificaron los impactos directos sobre las ramblas, para lo cual se ha utilizado el listado de posibles impactos humanos realizado por Gómez et al. (2005).

Con el fin de valorar el estado de conservación de los arroyos estudiados se aplicó el Índice de Alteración de Ramblas (IAR) (Suárez y Vidal-Abarca, 2008) que tiene la siguiente forma:

$$IAR = 1 + \sum [(n^{\circ} \text{ impactos} * \text{valor de intensidad}) / 50] - [((\text{conectividad margen izquierdo} * \text{uso del suelo margen izquierdo}) + (\text{conectividad margen derecho} * \text{uso del suelo margen derecho})) / 2].$$

El primer término valora la cantidad e intensidad de los impactos contabilizados en las



Figura 1. Localización de los arroyos estudiados. La numeración se corresponde con la Tabla 1.

Tabla 1. Nombre, numeración, tipología, datos para la localización y valores del Índice de Alteración de Ramblas (IAR) de los arroyos estudiados en Baja California Sur.

Nº	Nombre	Localidad	Fecha	UTM_X	UTM_Y	Tipo	Altitud (m)	IAR
1	El Cajete	La Paz	19/05/2007	537002	2686198	arenoso-gravoso	30	0,30
2	El Cajón de los Reyes	La Paz (Punta El León)	19/05/2007	540956	2679025	arenosa	48	0,42
3	El Quelele	La Paz (El Quelele)	19/05/2007	545760	2675278	arenosa	24	0,34
4	Arroyo Bonfil	La Paz	19/05/2007	548104	2673474	arenosa	28	0,30
5	El Camarón	La Paz	19/05/2007	534716	2690461	arenoso-gravoso	19	0,78
6	La Tinaja	San Juan de la Costa (La Paz)	19/05/2007	531351	2694939	arenoso-gravoso	35	0,18
7	Los Azabaches	Los Azabaches	20/05/2007	570997	2691208	arenosa	15	0,42
8	El Triunfo	El Triunfo	21/05/2007	586430	2632604	arenosa	386	0,46
9	Agua Blanca	San Antonio (La Paz)	21/05/2007	600424	2629029	arenosa	408	0,46
10	Mesa el Pescadero	San Bartolo	21/05/2007	622489	2625397	arenosa	237	0,42
11	Buenos Aires	Los Barriles	21/05/2007	632317	2621072	arenosa	9	0,97
12	San Bartolo	Los Barriles	21/05/2007	632032	2622054	arenosa	14	1,21
13	El Seco	Camino Las Pocicas	23/05/2007	527250	2665400	arenosa	235	0,12
14	Las Liebres	Km 128	23/05/2007	478572	2705621	arenoso-gravoso	61	0,18
15	Arroyo El Colorado	Las Pocicas	23/05/2007	489838	2696939	arenoso-gravoso	56	0,48
16	Cañada el Canelo	Km Cien	23/05/2007	500380	2692045	arenosa	110	0,46
17	San Pedro y San Pablo	Miraflores	25/05/2007	625966	2580744	arenoso-gravoso	189	1,14
18	San Lázaro	Santa Anita	25/05/2007	632436	2562904	arenosa	46	0,84
19	La Palma	Microondas Cadueño	26/05/2007	626837	2573799	arenosa	156	0,40
20	La Palma_2	Las Casitas	26/05/2007	631982	2578902	arenosa	145	0,42
21	Santa Cruz	Santa Cruz	27/05/2007	638603	2606109	arenosa	43	0,52
22	Afluente Arroyo Guadalupe	Guadalupe	30/05/2007	504485	2682711	arenoso-gravoso	137	0,22
23	Rancho La Fortuna	Rancho La Fortuna	30/05/2007	477982	2726583	gravoso	125	0,80
24	La Paz	La Paz	04/06/2007	568361	2666983	arenosa	13	2,00

Tabla 2. Parámetros y variables analizadas en los arroyos de Baja California Sur.

<i>VARIABLES/Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Descripción</i>
Geomorfológicas		
Anchura cauce	m	Mide la distancia lineal entre los taludes.
Altura taludes	m	Los taludes son las paredes de pendiente más o menos abrupta que limitan los cauces de las ramblas. Se miden ambos taludes.
Pendiente taludes	%	
Confinamiento	Alto, medio y bajo	Medida cualitativa del encajonamiento del cauce vista por un observador situado en el lecho del cauce
Fondo del cauce	Cóncavo, convexo, llano, en terraza, alterado	Forma del fondo del lecho
Barras	Longitudinales, laterales, diagonales, isleta, alteradas	Las barras son el resultado del depósito de los materiales sólidos transportados por las escorrentías en régimen turbulento de las avenidas
Sustrato		Heterogeneidad y dominancia de los materiales de distinta granulometría
Vegetación		
Cobertura total sobre los 100 de rambla estudiada	%	Tapiz vegetal que cubre el cauce, independientemente del tipo de vegetación
Nº total de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas		No se cuantifican las especies anuales
% de árboles, arbustos, herbáceas	%	Se calcula sobre el porcentaje de cobertura total
Impactos humanos		
Nº total de impactos		Total de impactos que se observan durante el recorrido por los 100 m
Estado de conservación		
Usos del suelo	%	Uso agrícola, urbano, industrial y natural. Se valoran ambas márgenes por separado
Conectividad de la rambla	%	Se cuantifica la continuidad que existe entre la ladera y el cauce. Se valoran ambas márgenes por separado.

ramblas o arroyos secos. Dado que no todos los impactos provocan la misma intensidad de alteración, se han cuantificado todos los tipos de acciones detectadas según un criterio subjetivo de intensidad desde 10 a 1. En la Tabla 3, se presenta esta valoración. Este término está dividido por 50 que es el valor máximo que se estima que se puede alcanzar, en caso de sufrir buena parte de los impactos detectados. El segundo término es el valor medio para ambas márgenes del arroyo, de la capacidad de amortiguación del impacto, medido como el producto del % de conectividad por el %

del uso de suelo natural contabilizado en la hoja de campo. La aplicación de este índice a las ramblas de la Cuenca del Segura, un territorio de características ambientales semiáridas localizada en el Sureste de España, ha proporcionado muy buenos resultados para evaluar el estado de conservación de estos ecosistemas singulares (Suárez y Vidal-Abarca, 2008).

El índice de alteración de ramblas (IAR) varía entre 0 (mínima alteración) y 2 (máxima alteración).

Tabla 3. Valoración de los impactos humanos para aplicar el Índice de Alteración de Ramblas (IAR).

<i>Valor de intensidad de los impactos humanos</i>	
Canalizaciones	10
Carreteras asfaltadas	10
Presa grande	10
Graveras	9
Cultivos en cauce	9
Ganado (restos)	9
Entrada externa agua // Vertidos líquidos	8
Quemas de vegetación	7
Caminos en lecho	6
Rodaduras moto-cross// Rodaduras coche	6
Canales drenaje	5
Extracción subálveo // Pozos en cauce // Árboles secos	4
Pequeña presa (azud)	3
Basuras (sólidos orgánicos // escombros// Restos pesticidas/herbicidas	2
Caza (restos) // Recolección vegetación // Recolección caracoles	1

4. Resultados

El rango de altitudes sobre la que se presentan los arroyos estudiados está entre 408 msm (Arroyo de Agua Blanca, n° 9) y 9 msm (Arroyo Buenos Aires, Los Barriles, n° 11), siendo la media de 107 msm. Los taludes presentan una altura media de 9.5 m y 17.85 m, para la margen izquierda y derecha, respectivamente. El talud más alto corresponde al arroyo Cajón de los Reyes, n° 2 (51.3 msm) para la margen izquierda y al arroyo La Tinaja (n° 6; 139 msm) para la derecha (Tabla 4). Respecto a la anchura del cauce, el valor medio medido es de 157.3 m, correspondiendo el valor más alto de 466 m al arroyo El Colorado en Las Pocicas (n° 15).

En relación a la pendiente de los taludes (Tabla 5), más del 60 % de los arroyos presentan pendientes superiores al 75 % en ambas márgenes (75 % de los arroyos para la margen izquierda y el 62.5 % para la margen derecha), lo cual es un carácter distintivo de los arroyos y cauces secos, en general (Bianqui et al., 1986).

El confinamiento mide el aislamiento visual del arroyo como consecuencia de la altura de los taludes. Mas del 65 % de los arroyos estudiados no están confinados, mientras que solo el 12.5 % si lo están. El fondo del cauce puede ser calificado según la forma del lecho. Para los arroyos

estudiados, el fondo de cauce liso (45.5 %) y el convexo (31.8 %) son los más habituales. En cuanto a las barras dominan claramente las longitudinales que se presentan en un 70 % de ellos.

En cuanto a la tipología del material en el cauce, más del 65 % de los arroyos presentan una granulometría muy homogénea, constituida principalmente por arena (en el 95.8 % de los arroyos). Materiales gravosos se presentan en un 33.3 % de ellas, bloques y cantos en el 25 % y los más finos de limos en solo el 4 % (Tabla 6).

Debido al tipo de sustrato arenoso, y a los sedimentos transportados por las avenidas (León de la Luz et al., 2004), la vegetación del lecho de los arroyos es muy escasa. En general dominan las especies provenientes del matorral xerófilo circundante. Las Figs. 2 y 3 presentan el número total de especies vegetales y por estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo) y la cobertura en %, respectivamente. En general, los lechos de los arroyos son muy pobres en especies. El máximo número encontradas es de 6 en la Cañada El Canelo (n° 16). En el Cajón de los Reyes (n° 2) y en el arroyo Los Azabaches (n° 7), no se encontró ninguna especie. En 17 de los 24 arroyos estudiados (70.8 %), el número total de especies se encuentra en el rango de 1 a 4. En 13 arroyos no se encontró ninguna especie de árbol o, al menos

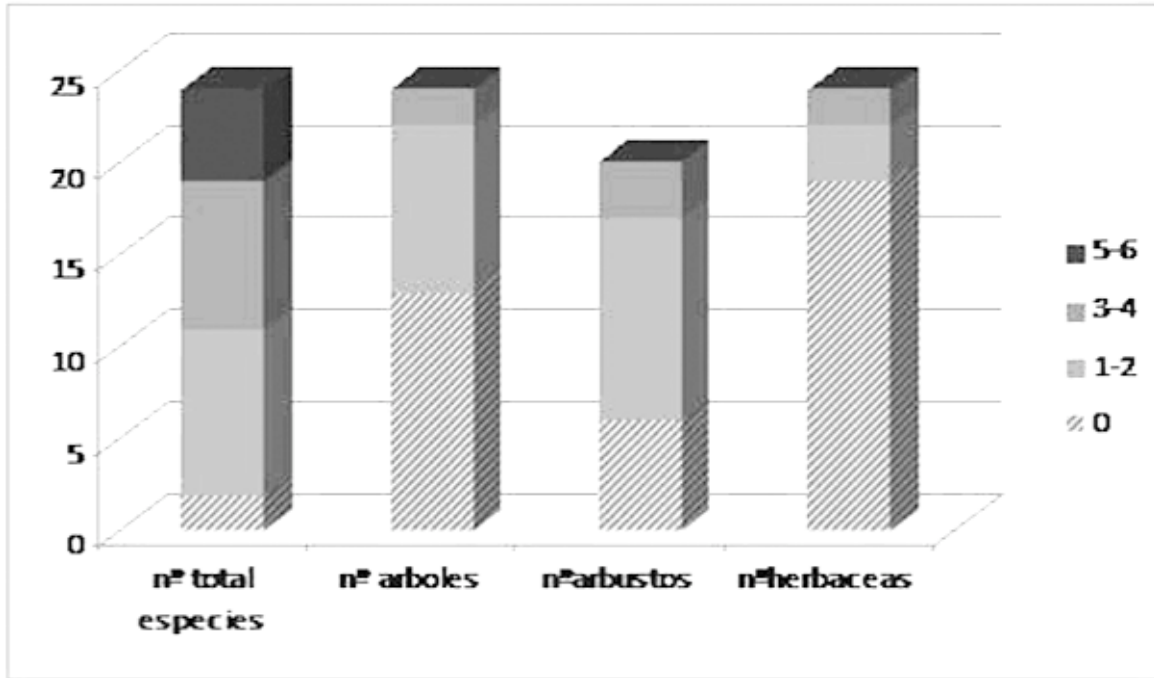


Figura 2. Número total de especies, de árboles, arbustos y herbáceas encontrados en los arroyos.

arbustos de porte arbóreo, y en 19 de ellos no se encontró vegetación herbácea. En 11 de ellas, el número de especies arbustivas no fue superior a dos.

Respecto a la cobertura vegetal total (Fig. 3), en 14 arroyos de los 24 (58.3 %) no se superó el 25 %. Los valores máximos de cobertura total (90 %) se midieron en tres arroyos: Las Liebres (nº 14), Cañada El Canelo (nº 16) y afluente del arroyo Guadalupe (nº 22). En general, la mayoría de los arroyos presentan una cobertura inferior al 25 % para los tres tipos de estratos vegetales estudiados.

En relación con la conectividad de los arroyos con el entorno y los usos del suelo, en las Figs. 4 y

5, se presenta el porcentaje de conectividad y los distintos usos del suelo para cada margen, respectivamente. Como se observa, en la mayoría de los arroyos, la conectividad de ambas márgenes supera el 75 %, lo cual indica la escasa incidencia de las actividades humanas que alteran, significativamente, el lecho de los arroyos. Esto se observa igualmente en relación con los usos del suelo, dado que mayoritariamente predomina el uso “natural”, en este caso representado por el matorral xerófilo.

En cuanto a la ocurrencia de los impactos detectados en los arroyos estudiados (Fig. 6), los restos de ganado (pisadas, excrementos,

Tabla 4. Valores medios, máximos y mínimos de algunos caracteres morfométricos de los arroyos de Baja California Sur.

	Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo
Altitud (m)	107	408	9
Talud izquierdo (m)	9,503	51,3	1
Talud derecho (m)	17,85	139	1
Anchura cauce (m)	157,3	466	16

Tabla 5. Porcentaje del número de arroyos sudcalifornianos incluidos en los distintos rangos de pendiente de los taludes.

Pendiente talud (%)	>75%	75-50%	50-25%	<25%
Izquierdo	75	0	12,5	12,5
Derecho	62,5	4,17	16,7	16,7

etc) es el impacto más habitual, contabilizándose en 20 de los 24 arroyos estudiados (83.3 %). Le sigue el uso del lecho como vía de comunicación, encontrándose rodaduras de vehículos en 16 arroyos (66.7 %) y rodaduras de moto en 11 (45.8 %). Restos de basura se presentan en 13 de ellos (54.2 %). Hay que destacar, no por la cantidad (8 arroyos) sino por la intensidad del impacto, las graveras que alteran, significativamente, el lecho de los arroyos.

Con el fin de testar el estado de conservación de los arroyos analizados, se aplicó el índice de alteración de ramblas (IAR), cuyos resultados se presentan en la Tabla 1. El IAR varía entre 0.12 en el Arroyo El Seco (nº: 13) y 2.00 en el Arroyo La Paz (nº 14), donde se detecta el máximo valor posible de impacto (50). No existe ningún arroyo donde el valor del impacto sea 0, el menor valor (6) se da en el arroyo El Seco (nº 13) por rodadura de vehículos. En la Fig.7, se ofrecen, ordenados de menor a mayor, el valor de IAR para los arroyos

estudiados. Como se observa, el total de ellos cubren prácticamente el rango en el que varía el índice.

Para evaluar la relación existente entre el IAR y los impactos sobre los arroyos analizados se elaboró la Fig.8. Como se observa, existe una correlación positiva y altamente significativa ($r = 0.75$, $p < 0.001$) entre el logaritmo del índice y el valor de los impactos. No ocurre igual con la relación entre la altitud y el IAR, dado que, independientemente, de su localización, el número e intensidad de los impactos altera significativamente su estado de conservación.

5. Discusión

Existen pocos trabajos que analicen las características morfoestructurales y ambientales de ramblas y arroyos secos en territorios semiáridos. Con el fin de comparar los resultados obtenidos en

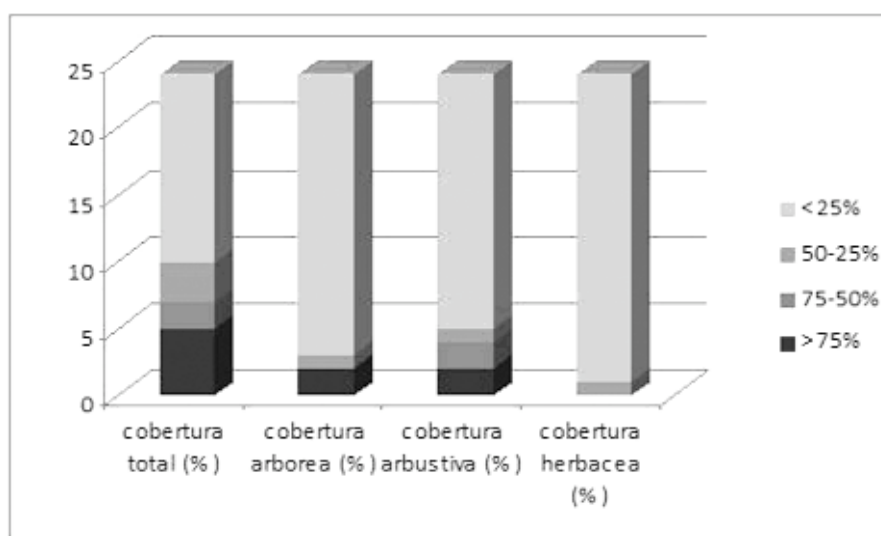


Figura 3. Porcentaje de cobertura vegetal total, arbórea, arbustiva y herbácea.

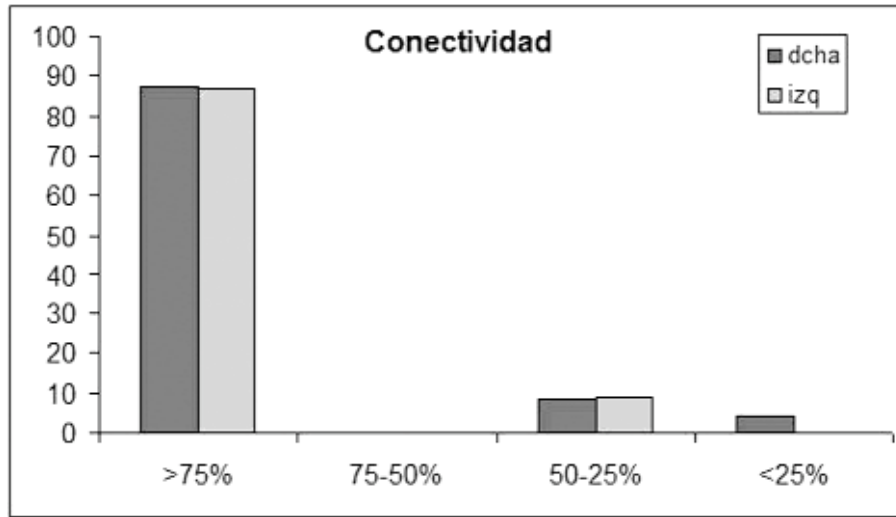


Figura 4. Porcentaje de conectividad para ambas márgenes.

este trabajo, se utiliza la información recogida en Gómez et al. (2005), Vidal-Abarca y Suárez (2006) y Suárez y Vidal-Abarca (2008), relativa a las ramblas del Sureste español. En general, los arroyos de Baja California Sur se caracterizan por su tipología del sustrato, mayoritariamente arenoso, en relación con la mayor diversidad que muestran las ramblas del Sureste peninsular (ramblas calizas, metamórficas y margosas: Gómez

et al., 2005). Esto es debido al tipo de litologías dominante en las cuencas de drenaje y sobre todo, a la tectónica del territorio. En efecto, así como en Baja California predominan los materiales de origen volcánico (Silver & Chappell, 1988), en el Sureste español, materiales calizos, volcánicos y metamórficos, se mezclan tras un proceso tectónico en un cuaternario muy complejo (Arana et al., 1999). Un rasgo distintivo entre ambos sistemas se

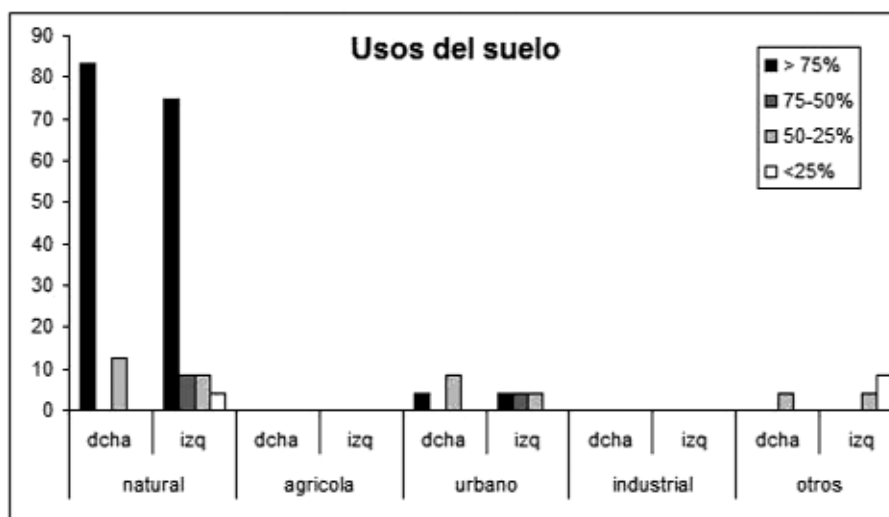


Figura 5. Porcentaje de los distintos usos del suelo, para ambas márgenes.

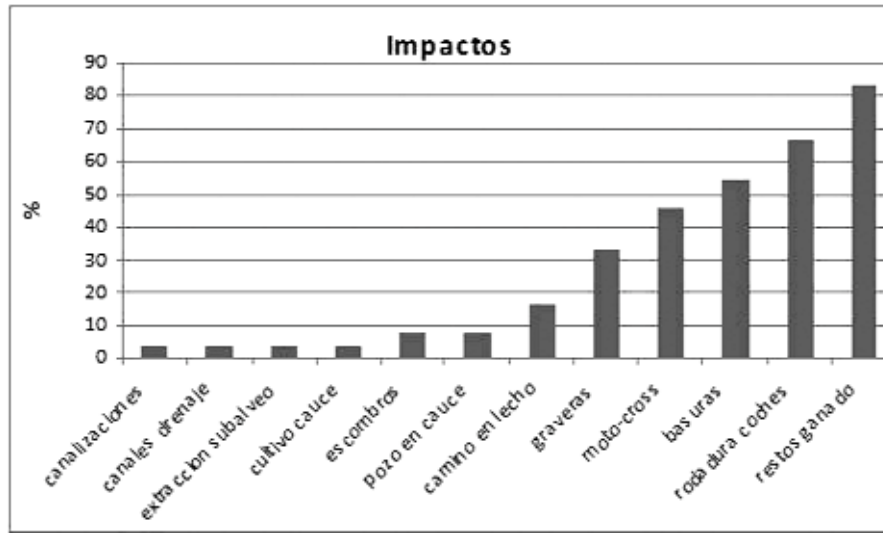


Figura 6. Ordenación del porcentaje de ocurrencia de los impactos registrados.

refiere a la homogeneidad del sustrato del lecho que presentan los arroyos sudcalifornianos en los que claramente dominan las arenas, en relación con la heterogeneidad que se manifiesta en los distintos tipos de ramblas españolas, en los que aparecen mezclados materiales gruesos (bloques y cantos), de tamaño medio (grava y arenas) y finos (limos y arcillas).

En relación con las características morfológicas de estos cauces, los arroyos estudiados se localizan a altitudes menores que los del Sureste español (Tabla 7), sus lechos son mucho más anchos que cualquiera de los tipos estudiados en España, y sus

taludes, por término medio, son muchos más altos, lo cual refleja, por un lado que los procesos erosivos que conforman estas morfoestructuras son muy intensos, excavando en profundidad los cauces y ensanchando la cubeta por donde evacuar el agua de lluvias intensas (Díaz y Troyo, 1997) y por otro, hacen referencia al material blando y deleznable mucho menos resistente a los procesos erosivos.

El confinamiento mide el aislamiento visual del arroyo como consecuencia de la altura de los taludes. Aunque los valores medios más altos de los taludes (Tabla 7) se registran en estos los

Tabla 6. Porcentaje del número de arroyos sudcalifornianos para distintos parámetros estructurales y del sustrato estudiados.

	<i>Confinado</i>	<i>Medio</i>	<i>No confinado</i>		
Confinamiento (%)	12,5	20,83	66,7		
	Cóncavo	Convexo	Liso	En terrazas	Alterado
Fondo cauce (%)	18,2	31,8	45,5	0	4,5
	Longitudinales	Laterales	Diagonales	Isleta	Alteradas
Barras (%)	70,8	0	16,7	0	12,5
	Heterogéneo	Homogéneo			
Sustrato (%)	33,3	66,6			
	Roca, cantos	Grava	Arena	Limo	
Tipología material (%)	25	33,3	95,83	4,2	

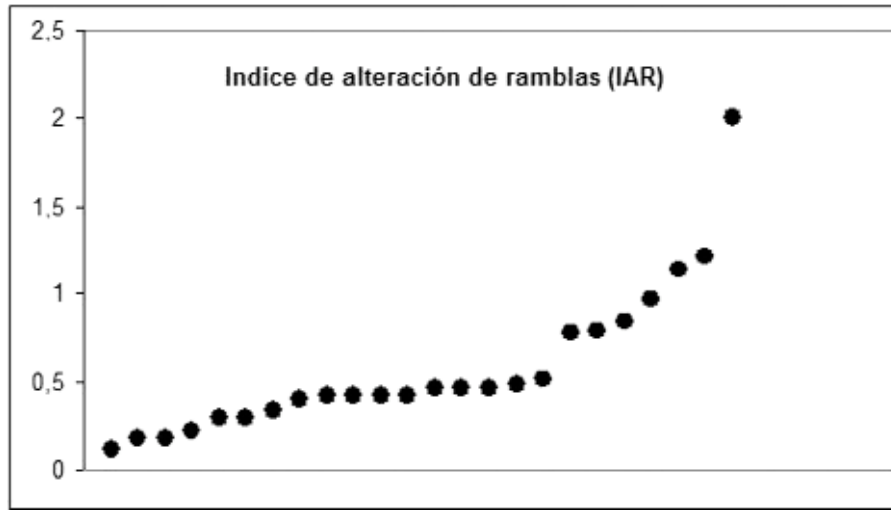


Figura 7. Ordenación de menor a mayor del valor de IAR.

arroyos, más del 60 % de ellos no presentan confinamiento, similar a lo que ocurre en las ramblas metamórficas del Sureste ibérico. En cuanto al fondo del cauce, el 45.5 % de los arroyos sudcalifornianos presentan el fondo liso, a diferencia con las ramblas, donde los fondos cóncavos son típicos de las margosas y los convexos de las metamórficas (Tabla 8). Este carácter se relaciona con la homogeneidad o heterogeneidad del sustrato, puesto que tras las fuertes lluvias que evacuan los arroyos, la deposición de materiales uniformes, como las arenas, no provocan procesos erosivos diferenciales, consecuencia de la diferencia de grosor de los materiales del sustrato (Mateu, 1989). Por ello también, más del 70 % de los arroyos del sur de la Baja California solo presentan barras longitudinales en el cauce.

En relación con la vegetación, al igual que ocurre en las ramblas del Sureste español (Vidal-Abarca y Suárez, 2006), en los arroyos sudcalifornianos, hay un claro predominio de la vegetación terrestre sobre la hidrófila o halófila (Arriaga et al., 1997). Tanto la diversidad como la cobertura son muy bajas, en el 54.2 % de los arroyos, el número total de especies encontradas en el lecho se encuentra entre 3 y 6 y en el 58.3 % de ellos, la cobertura total es menor del 25 %. Algo similar ocurre en las ramblas del Sureste de la península Ibérica, en las que independientemente del tipo, más del 50 % de ellas no superan el 25 % de cobertura (Vidal-Abarca y Suárez, 2006). Destacar que frente a la presencia de material orgánico en todas las ramblas españolas, derivado sobretudo de la vegetación terrestre circundante, en los arroyos sudcalifornianos, no existe apenas

Tabla 7. Comparación de distintas variables morfológicas medidas en ramblas del Sureste español y en los arroyos sudcalifornianos.

	<i>Calizas (n=25)</i>		<i>Ramblas españolas metamórficas (n=10)</i>		<i>Margosas (n=11)</i>		<i>Arroyos sudcalifornianos arenosos (n=24)</i>	
	<i>Media</i>	<i>Rango</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>
Altitud (m)	706,29	1250-185	434,80	980-0,0	314,78	450,0-183	107	383-0
Altura talud (m)								
Margen derecha	2,40	8-0	3,54	6,18-1	6,78	25,00-1,50	17,85	139-1
Margen izquierda	2,62	5,35-0	3,67	7,40-1,55	6,48	30,00-1,46	9,5	51,3-1
Anchura cauce (m)	11,55	31-1,5	27,03	66-2	33,58	122-3,5	157,3	466-16

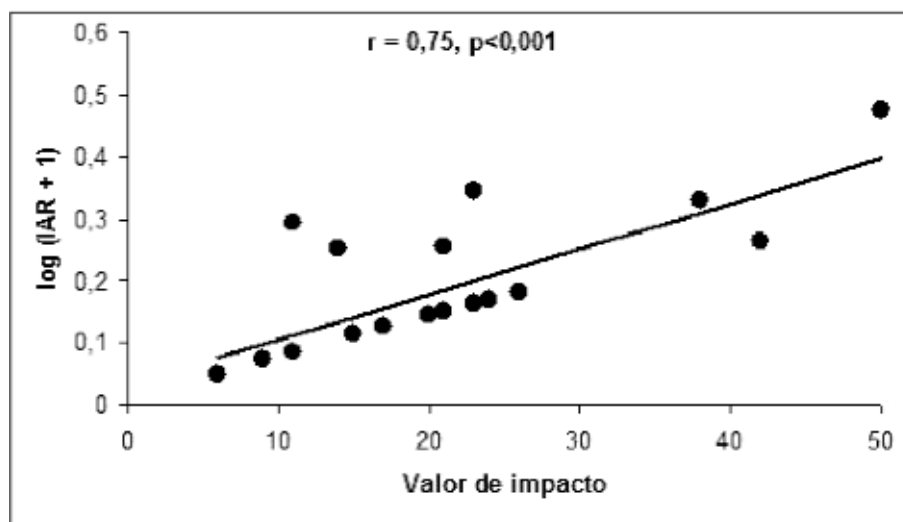


Figura 8. Relación entre el valor del impacto y el logaritmo de (IAR+1).

materia orgánica dado que en las zonas aledañas la vegetación es tan escasa que su aporte de materia orgánica apenas tiene efecto (Maya et al., 1997b). Un factor a tener en cuenta y bastante desconocido, es el efecto de presión o selección que puede realizar el ganado bovino sobre la cantidad y tipo de vegetación de los arroyos o del entorno (León de la Luz et al., 2004). En este sentido, la alta variedad de especies aromáticas que se presentan en las ramblas españolas, probablemente es debido a un factor de selección provocado por el ganado que pasta en ellas (Vidal-Abarca y Suárez, 2006).

En cuanto a los impactos detectados, la

evacuación de residuos sólidos (basuras, escombros, etc) y los caminos en el lecho son los más habituales en ambos sistemas. El uso de las ramblas y arroyos como vía de comunicación es habitual en los territorios semiáridos (Gómez et al., 2002), fundamentalmente, porque facilita al hombre su introducción en terrenos abruptos de difícil accesibilidad. El ganado bovino tiene especial incidencia en los arroyos sudcalifornianos cuyos efectos se detectan en más del 80 % de los arroyos estudiados (Tabla 9). Por último, destacar que en el 33.3 % de los arroyos sudcalifornianos se detectaron graveras con el impacto que suponen

Tabla 8. Comparación de distintas variables morfoestructurales medidas en ramblas del sureste español y en los arroyos sudcalifornianos.

	<i>Ramblas españolas</i>			
	<i>Calizas</i> (n=25)	<i>metamórficas</i> (n=10)	<i>Margosas</i> (n=11)	<i>Arroyos sudcalifornianos arenosos</i> (n=24)
	%	%	%	%
Confinamiento				
Confinado	20	30	45,5	12,5
Medio	40	20	18,2	20,83
No confinado	40	50	36,4	66,7
Fondo de cauce				
Cóncavo	28	0	45,5	18,2
Convexo	32	60	27,3	31,8
Liso	32	30	18,2	45,5

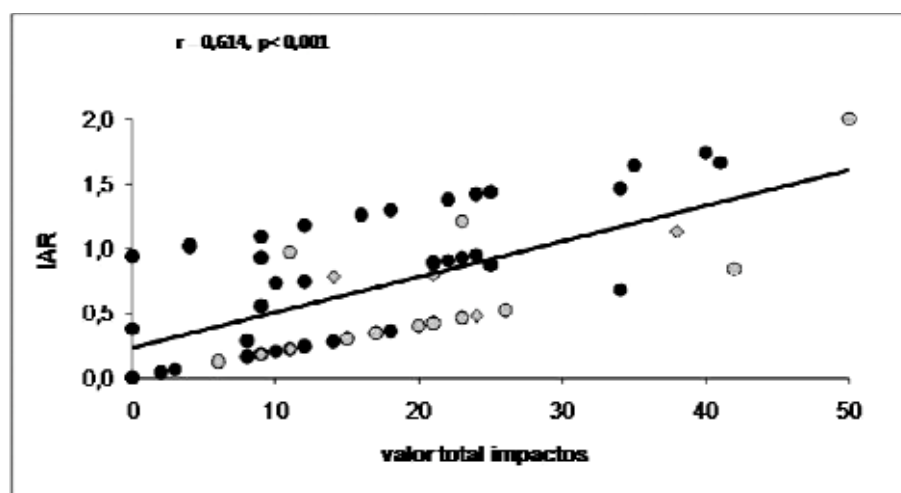


Figura 9. Relación entre el valor del impacto y el IAR para el conjunto de ramblas del sureste español (círculos negros) y los arroyos sudcalifornianos (círculos grises = arroyos arenosos; triángulos grises = arroyos arenoso-gravosos) (n=70).

sobre la morfología de las cubetas y sobre la vegetación que las cubre.

A diferencia de lo que ocurre en las ramblas del Sureste español, donde la conectividad se rompe, fundamentalmente, por el uso agrícola de suelo que puede llegar a ocupar el 50 % del entorno de las mismas, en los arroyos sudcalifornianos, más del 80 % de ellos presentan una conectividad mayor

del 75 %, dado que el uso del suelo más habitual del entorno es el matorral xerófilo.

Con el fin de valorar el estado de conservación de los arroyos de Baja California Sur, se aplicó el Índice de Alteración de Ramblas (IAR). Este índice ha resultado ser muy útil para evaluar la alteración provocada por los impactos humanos sobre estos sistemas. Así, en la Fig.9 se presenta la relación

Tabla 9. Comparación de los valores de impactos medidos en ramblas del sureste español y en los arroyos sudcalifornianos.

Impactos	Calizas	Ramblas españolas metamórficas	Margosas	Arroyos sudcalifornianos arenosos
	(n=25)	(n=10)	(n=11)	(n=24)
Escombros	56,00	50,00	81,80	8,3
Caminos lecho	28,00	80,00	54,50	1,7
Rodaduras coches	32,00	60,00	72,70	66,7
Rodadura motocross	12	20	18,2	45,83
Ganado (restos)	28,00	40,00	27,30	83,3
Basuras	32,00	60,00	72,70	54,2
Pequeña presa (azud)	16,00	0,00	4,00	0,00
Cultivos cauce	8,00	0,00	4,00	0,00
Canalizaciones	0,00	12,00	4,00	4,2
Canal drenaje	0,00	0,00	0,00	4,2
Pozos en cauce	0,00	0,00	0,00	8,3
Extracción subálveo	0,00	0,00	0,00	4,2
Graveras	8,00	10,00	0,00	33,3
Pesticidas/herbicidas	0,00	16,67	0,00	0,00

entre el IAR y el valor total del impacto en el conjunto formado por las ramblas del Sureste español y los arroyos sudcalifornianos. Como se observa, la relación del conjunto total (n = 70), es positiva y altamente significativa (r = 0.614, p < 0.001). Además, la distribución de las ramblas y arroyos no sigue un patrón diferente según su tipología, lo cual viene a confirmar que la severidad de los impactos o su sinergia cuando se suman, afectan a todas ellas por igual, independientemente del tipo al que pertenecen. Así, el IAR se muestra como un índice apropiado para valorar el estado de alteración de cualquier tipo de rambla, río o arroyo seco.

Agradecimientos

Los resultados de este trabajo han sido financiados por la Secretaría de Estado de Cooperación Internacional de la Agencia Española para la Cooperación Internacional (AECI), Referencia: A/5162/06 y por el proyecto del Plan Nacional I+D 2006 del Ministerio de Educación y Ciencia (España) Referencia: CGL2006-08134.

Referencias

- Arana, R.; Rodríguez,T.; Mancheño,M.A.; Guillén,F.; Ortiz,R.; Fernández, M.T.; del Ramo, A. 1999. *El patrimonio geológico de la región de Murcia*. Interlibro. Fundación Séneca. Murcia (España). 399 p.
- Arriaga, L. 1997. Introducción. In: Arriaga, L. y R. Rodríguez Estrella (Eds.). *Los oasis de la península de Baja California*. Publicación nº 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C. La Paz. Baja California Sur. pp. 1-4.
- Arriaga, L.; Díaz,S.; Domínguez,S.; León,J.L., 1997. Composición florística y vegetación. In: Arriaga, L. y R. Rodríguez Estrella (Eds.). *Los oasis de la península de Baja California*. Publicación nº 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C. La Paz. Baja California Sur. pp. 69-106.
- Bianqui, G.; Box, M.; Cuenca,A. 1986. Justificación de la verticalidad de los taludes en ramblas de clima semiárido. *Investigaciones Geográficas* 4: 181-187.
- Bull L.J. & Kirkby,M.J. 2002. *Dryland Rivers. Hydrology and geomorphology of semi-arid channels*. Wiley. England. 388 p.
- Christensen O.B. & Christensen,J.H. 2004. Intensification of extreme European summer precipitation in a warmer climate. *Global and Planetary Change* 44: 107-117.
- Díaz, S. y Troyo, E. 1997. Balance hidrológico y análisis de la aridez. In: L. Arriaga y R. Rodríguez Estrella (Eds.). *Los oasis de la península de Baja California*. Publicación nº 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C. La Paz. Baja California Sur. pp. 35-49.
- Díaz, S.; Troyo,E.; Nieto,N.; Maya,Y.; Murillo,B.; García,J.L. 2004. Balance hidrológico y análisis de la aridez en oasis de Baja California Sur. In: R. Rodríguez Estrella, R., M. Cariño, C.F. Aceves (Coords). *Reunión de Análisis de los oasis de Baja California Sur: Importancia y Conservación*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C., Universidad Autónoma de Baja California Sur y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La Paz. Baja California Sur. pp. 53-56.
- Gómez, R.; Hurtado,I.; Vidal-Abarca, M.R.; Suárez, M.L.2002. Las ramblas de la Región de Murcia: Valores naturales, paisajísticos y medidas para su conservación. *III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua.(Comunicaciones)*. Universidad Pablo Olavide. Sevilla. pp.416-423.
- Gómez, R.; Hurtado,I.; Suárez,M.L.; Vidal-Abarca,M.R. 2005. Ramblas in Southeast Spain: threatened and valuable ecosystems. *Aquatic Conservation. Marine and Freshwater Ecosystems* 15: 387-402.
- Graf, W.L. 1988. *Fluvial processes in dryland rivers*. Springer-Verlag, Alemania. 346 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 1996. *Estudio hidrológico del estado de Baja California Sur*. INEGI. México. 206 p.
- León de la Luz, J.L.; Domínguez,R.; Pérez,J.J.; Domínguez.M. 2004. La vegetación de los oasis de Baja California Sur. In: R. Rodríguez Estrella; Cariño,M.; Aceves,C.F. (Coords). *Reunión de Análisis de los oasis de Baja California Sur: Importancia y Conservación*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C., Universidad Autónoma de Baja California Sur y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La Paz. Baja California Sur. pp. 9-15.
- López Bermúdez, F.; Conesa, C. ; Alonso, F. 1998. Ramblas y barrancos mediterráneos: medio natural y respuesta humana. *Mediterraneo* (12/13): 223-242.
- Mateu, J.F. 1989. Ríos y ramblas mediterráneas. In: A.Gil Olcina y A. Morales, (Eds.). *Avenidas Fluviales e Inundaciones en la Cuenca del Mediterráneo*. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante (España). pp. 133-150.
- Maya, Y.; Coria,R.; Domínguez.R. 1997a. Caracterización de los oasis. In:L. Arriaga, y R. Rodríguez Estrella (Eds.). *Los oasis de la península de Baja California*. Publicación nº 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C. La Paz. Baja California Sur. pp. 5-25.
- Maya, Y.; Troyo, E.; Naranjo,A.. 1997b. Edafología. In: L. Arriaga, L. y R. Rodríguez Estrella (Eds.). *Los oasis de la península de Baja California*. Publicación nº 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C. La Paz. Baja California Sur. pp. 51-68.
- Peinado, M.; Alcaraz, F.; Delgado, J.; Aguado, I. 1944. Fitogeografía de la Península de Baja California, México. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 51 (2): 255-277.

- Prieto, L.; García,R.; Díaz,J.; Hernández,E.; del Teso,T. 2004. Minimum extreme temperatures over Peninsula Spain. *Global and Planetary Change* 44: 59-71.
- Ruiz-Campos, G.; Castro-Aguirre,J.L.;Contreras-Balderas,S.; Lozano-Vilano,M.L.; González-Acosta,A.F.; Sánchez-González,S. 2002. An annotated distributional checklist of the freshwater fish from Baja California Sur, México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12: 143-155.
- Segura, F.S. 1990. *Las ramblas valencianas. Algunos aspectos de hidrología geomorfología y sedimentología*. Departamento de Geografía. Universidad de Valencia. España.
- Sheldon, F. 2005. Incorporating natural variability into the assessment of ecological health in Australian dryland rivers. *Hydrobiologia* 552: 45-56.
- Silver, L.T.; Chapell. B.W. 1988. The peninsular ranges batholiths: An insight into the evolution of the Cordilleran batholiths of southwestern North America. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 79: 105-121.
- Suárez, M.L.; Vidal-Abarca, M.R. 2008. Un índice para valorar el estado de conservación de las ramblas mediterráneas (Índice de Alteración de Ramblas = IAR). *Tecnología del agua*, 239: 67-78
- Suárez, M.L.; Vidal-Abarca, M. R.; Gómez, R.; Ramírez-Díaz, L. 1995. *Las avenidas de agua en la configuración de los paisajes de regiones áridas y semiáridas: Consideraciones sobre las obras de control*. VI Jornadas sobre el Paisaje: Agua y Paisaje. Asociación para el Estudio del Paisaje. Segovia (España). pp.15-26.
- Uys, M.C. & O'Keeffe,J.H. 1997. Simple words and fuzzy zones; early directions for temporary river research in South Africa. *Environmental Management* 21: 517-531.
- Vidal-Abarca, M. R.; Suárez,M.L.; Ramírez-Díaz,L. 1992. Ecology of spanish semiarid streams. *Linnética* 8: 151-160.
- Vidal-Abarca M.R.; Suárez,M.L.; Ramírez-Díaz,L. 1996. Tipo: Ramblas/Wadis. In: Morillo,C. y González, J.L. (Eds.). *Management of mediterranean wetlands. III. Case studies 2. Proyecto MEDWET.*. Unión Europea. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. España. pp: 17-38.
- Vidal-Abarca, M.R.; Gómez,R.; Suárez,M.L. 2004. Los ríos de las regiones semiáridas. *Ecosistemas* 204/1. (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/041/revision4.htm/>)
- Vidal-Abarca, M.R.; Suárez,M.L. 2006. Los caminos del agua en el ámbito mediterráneo semiárido: Un estudio ecológico-ambiental de las ramblas del sureste ibérico. *V Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*. (Comunicaciones). Universidade do Algarbe. Faro (Portugal). 11 p.
- Wurl, J.; Ureña Ruiz,T.J. 2004. Aspectos hidrogeológicos de los oasis de Santiago y Todos Santos. In: R. Rodríguez Estrella, M. Cariño, C.F. Aceves (Coords). *Reunión de Análisis de los oasis de Baja California Sur: Importancia y Conservación*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C., Universidad Autónoma de Baja California Sur y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La Paz. Baja California Sur. pp. 557-563.