

# LA APLICACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL PATRIMONIO MONUMENTAL Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS CIUDADES

Emilio Galán Huertos<sup>1</sup>  
José Bernabé González<sup>1</sup>  
Rosa M. Ávila Ruiz<sup>2</sup>

## RESUMEN

El Patrimonio Cultural Inmueble identifica a las Ciudades y a sus ciudadanos con su historia y su cultura, pero está rodeado por un entorno hostil que lo pone en peligro constantemente. Para conservar estos signos de identidad de los pueblos, la Sociedad está obligada a conservar el Patrimonio y a utilizarlo de forma Sostenible para que sea transmitido a las generaciones sucesivas en el mejor estado posible. En este trabajo se propone aplicar el procedimiento de la “Evaluación de Impacto Ambiental” (EIA) al Patrimonio Monumental para valorar la degradación sufrida a través de los tiempos y para poder introducir medidas correctoras para su conservación. La EIA puede también prever los efectos negativos que los cambios ambientales del entorno y otros factores antropogénicos puedan producir en el futuro.

---

<sup>1</sup> Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla

<sup>2</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla

En la actualidad, la preocupación por el diseño de propuestas de Evaluación del Impacto Ambiental en el Patrimonio Monumental responde a una preocupación general por su conservación. La valoración de la influencia que el Medio Ambiente tiene en la conservación del patrimonio, en general, y del monumental, en particular debería contribuir a la Educación Ambiental de los ciudadanos, en el sentido de formar una población consciente y preocupada por el medio y los problemas que puede crear, entre los que se debe incluir sus impactos sobre el Patrimonio Monumental, fomentando un compromiso para la conservación.

En lo que sigue trataremos del conocimiento que se debería tener en torno a los tres ejes que estructuran este trabajo: el Patrimonio Monumental, el Desarrollo Sostenible y la Evaluación de Impacto Ambiental.

## **APROXIMACIÓN A LOS CONCEPTOS DE PATRIMONIO MONUMENTAL, DESARROLLO SOSTENIBLE Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

A lo largo de la Historia, el Patrimonio es una realidad que ha ido alcanzando entidad social, presentándose como uno de los grandes ámbitos que definen nuestra cultura. Así, siguiendo a Morales (1996), en los últimos años se puede advertir un interés creciente por el Patrimonio Histórico que se manifiesta de muy diversas formas, abarcando desde la colaboración económica en planes de salvaguarda y recuperación de ciertas obras a numerosos proyectos de restauración. Esto es así porque el Patrimonio ha sido y es signo de identidad de los pueblos, proyectándose en diversos elementos patrimoniales como el Territorio, la Flora y la Fauna, todas las Creaciones y Expresiones de las personas que la han habitado, las Instituciones Sociales, Legales y Religiosas, el Lenguaje y la Cultura Material a través de la Historia.

Para la UNESCO todos estos elementos patrimoniales se integran en un tipo de conocimiento patrimonial denominado Patrimonio Cultural, constituido por un conjunto de elementos

naturales o culturales (tanto los heredados de nuestros antepasados como los creados en el presente), en el cual un grupo de población reconoce sus señas de identidad, y que ha de ser conservado, conocido y transmitido a las generaciones venideras. Es un bien social, por lo que su uso ha de tener la finalidad de servir como factor de desarrollo integral al colectivo al que pertenece, adquiriendo así un valor de recurso social, económico y cultural de primera magnitud.

No obstante lo anteriormente dicho, conviene diferenciar dentro del Patrimonio Cultural al Patrimonio Natural que tiene entidad propia. Así podemos considerar que existen dos tipos de patrimonios: Patrimonio Natural y Patrimonio Cultural. El primero incluye los Monumentos Naturales, las Formaciones Geológicas y los Lugares y Paisajes Naturales. Todos estos tipos de Patrimonio tienen un valor científico y/o medioambiental y al menos son de un valor estético reconocido. Constituyen en muchos casos los Parques y Reservas Naturales, como el Parque Natural de la Sierra de las Nieves (Málaga) o el Parque Natural de Sierra Nevada (Granada), e inclusive en otros órdenes las Reservas de la Biosfera, como la del Parque Nacional de Doñana (Huelva). El Patrimonio Cultural está formado por los Bienes Culturales que la Historia ha legado a una Nación y los nuevos que se crean de especial importancia social.

En este orden de cosas el Patrimonio Cultural puede ser tangible o intangible (Figura 1). En el Patrimonio tangible se clasifica en mueble y en inmueble. Dentro de este último se encuentran los Conjuntos Arquitectónicos y los Monumentos Histórico-artísticos. Son estos últimos a los que la UNESCO ha dado prioridad en los últimos treinta años, ya que son los que se encuentran en mayor riesgo. En este sentido conviene recordar que los tres ejes básicos de actuación de este organismo en relación al patrimonio son la prevención, la gestión y la intervención; elementos, todos ellos, cardinales para garantizar la conservación y el uso social del Patrimonio (Ballart y Trasserras, 2001).

El Patrimonio en su conjunto, independientemente del tipo que sea, es un legado para las generaciones futuras, por lo tanto

tenemos la obligación de mantenerlo y conservarlo para las generaciones futuras.

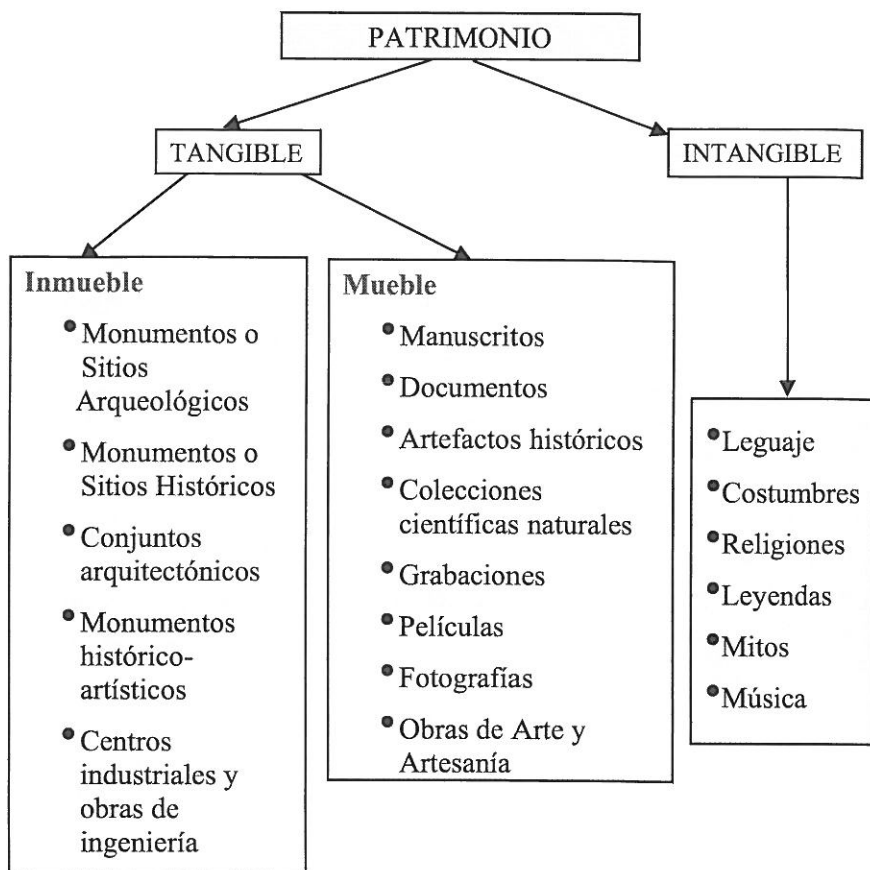


Figura 1. Patrimonio Cultural: Contenido y tipos

Por otra parte, se entiende por Desarrollo Sostenible “aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Esta definición procede del Informe de la Comisión Brundtland (1987). Esta comisión, presidida por la Dra. Gro Harlem Brundtland, Primera Ministra de

Noruega y al mismo tiempo Presidenta de la Comisión Mundial de la ONU para Medio Ambiente y Desarrollo, elaboró el denominado Informe Brundtland, originariamente llamado “Nuestro futuro común” (Our Common Future). El objetivo fundamental, que subyace en este Informe es cómo acabar con el principal problema de la Humanidad, la pobreza, a través del desarrollo de los pueblos, explotando sus reservas naturales pero siendo respetuosos con el Medio Ambiente. Para esta Comisión la idea de “sostenibilidad” ha de cumplir con una serie de principios básicos: a) ayudar a eliminar la pobreza (solidaridad en el espacio), b) garantizar el uso de los recursos naturales a las nuevas generaciones (solidaridad en el tiempo), c) debe ser compatible con la conservación del medio ambiente, incorporando tecnologías social y ambientalmente apropiadas y aceptadas, y d) debe ser un desarrollo viable, lo que obliga a la formulación de una nueva economía ecológica para la gestión racional del Medio Ambiente. Se sienta con estos principios la base de un Nuevo Orden Mundial.

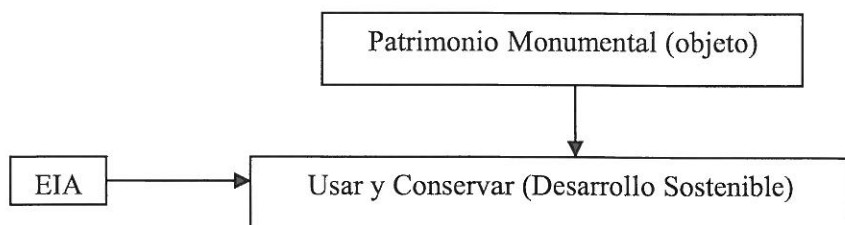
Respecto a la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) se trata de un procedimiento jurídico-administrativo para la identificación, predicción e interpretación del impacto ambiental (EIA) que un proyecto produciría si es realizado. Según el R.D. 1131/1988 de 30 de Septiembre, en su artículo 5º, la EIA es “el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permitan estudiar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio”. Las EIAs también incluyen la prevención, corrección y valoración de los IA. Los EsIA son estudios técnicos multidisciplinares previos para solicitar la Declaración de IA (Conesa, 1997).

## **JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

El Patrimonio Monumental de las Ciudades es un legado que identifica a la ciudad y a su historia, y debe ser conservado y transmitido en el mejor estado a las generaciones futuras. Se debe hacer del Patrimonio un “Desarrollo Sostenible”, por lo que hay que conservarlo, recuperarlo, rehabilitarlo, restaurarlo, usarlo y

disfrutarlo. Creemos que para un mejor Desarrollo Sostenible del Patrimonio sería necesario evaluar el I.A. que ocasionan los distintos agentes del Medio (clima, subsuelo, tráfico, uso, turismo, etc.) que actúan sobre el emplazamiento donde se encuentra el monumento. De aquí nace una propuesta que conjuga las ideas antes comentadas (Figura 2).

El Monumento recibe continuamente impactos (aquí no valoramos los impactos que produciría su construcción en un lugar determinado, lo que sería una EIA en sentido estricto), que pueden ser permanentes, derivados de su entorno natural, y temporales, derivados de actuaciones antropogénicas. Los impactos suelen ser directos, acumulativos en su mayoría, que permiten medidas correctoras (los impactos temporales) y paliativas (los permanentes).



*Figura 2. Aplicación de la EIA en el Patrimonio Monumental*

La cuantificación de los IA se suele realizar utilizando matrices que relacionan las distintas variables que pueden actuar sobre el Medio y las modificaciones que producen. El caso más sencillo es el de la Matriz de Leopold, una matriz causa-efecto bastante simple, aunque no siempre válida (Conesa, 1997; Martín Cantarino, 1999). Siguiendo esta metodología, una matriz adaptada al caso que nos ocupa podría ser (Figura 3) aquella que enfrentara a los parámetros ambientales y antropogénicos (acciones impactantes) con las modificaciones que pueden ocurrir en los materiales, estructura y estética del monumento (factores impactados). Las

actuaciones de los primeros producen cambios en el monumento, daños y variaciones (indicadores) que pueden ser ponderados y evaluados en una escala particular en cada caso: el porcentaje de variación sobre el total posible (que llevaría a la ruina del monumento) nos permite establecer una escala como la que sigue:

Evaluación de Daños

- <10% ..... Leve
- 10-25%..... Moderado
- 25-50%..... Grave
- 50-75%..... Muy Grave
- >75% ..... Catastrófico

		MODIFICACIONES DE LOS MATERIALES						MOD. ESTRUCTURA			ESTÉTICA	TOTAL
		COMPOSICIÓN QUÍMICA	ESTRUCTURA	POROSIDAD	PERMEABILIDAD	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	PROPIEDADES MECÁNICAS	RESISTENCIA AL FUEGO	SENSIBILIDAD A LA METEORIZACIÓN	SUBSIDENCIA		
PARÁMETROS AMBIENTALES	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO								●	●		
	PRESENCIA DE ACUÍFEROS	●					●		●			
	PRONIMIDAD DE UN RIO, LAGO, MPR	●		●	●		●		●			●
	TIPO DE CLIMA	●					●					
	RIESGOS NATURALES						●		●	●	●	
	AGENTES CONTAMINANTES	●		●		●			●			●
OTROS PARÁMETROS	EXTRACCIÓN, PREPARACIÓN Y PUESTA EN OBRA						●		●			
	INTERVENCIONES			●	●		●		●			●
	ACCIÓN ANTRÓPICA	●					●			●		●
TOTAL												

Figura 3.- Ejemplo de una matriz de impacto ambiental teórica aplicada a un monumento.

## **EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN MONUMENTOS: CASOS DE ESTUDIO**

Teniendo en cuenta la propuesta anterior, a continuación exponemos un estudio aplicado a dos casos relevantes en el Patrimonio Monumental de Andalucía: la Torre del Oro de Sevilla y el Monumento a Colón en la ciudad de Huelva.

### **La Torre de Oro de Sevilla**

La ciudad de Sevilla posee un Patrimonio de especial relevancia, signo de identidad de la historia de un pueblo cuyo trazado histórico, social y económico ha hecho de esta ciudad que sea considerada Patrimonio de la Humanidad.

La Torre del Oro es uno de los monumentos más emblemático en su historia, construido por los almohades en el siglo XIII (1220-1221) para la defensa de la ciudad. La Torre ha sufrido numerosos daños por terremotos e inundaciones (Figura 5) y por los diversos usos (defensa, almacén, embarcadero, capilla, oficinas, museo,...). Se trata de un edificio de base dodecagonal, de 36,75m de altura y tres cuerpos, el último cilíndrico, construido con piedra (arenisca calcárea y caliza bioclástica) (Leguey, 2000), ladrillo preparados con arcillas de los alrededores de Sevilla y cocidos entre 800° y 900°C (Leguey et al. 2001) y morteros originales de cal y cal y yeso (también de cemento, usado en reparaciones posteriores al siglo XIX) (Galán et al. 2002), (Figura 6), que presenta una serie de formas de degradación bastante importantes en algunos casos (fisuras, grietas, pérdida de material, alveolización, arenización, descamación, picado, costras negras de yeso y carbonatos, pátinas biológicas, eflorescencias salinas), (Figura 7) (Galán et al. 2003) que modifican las propiedades petrofísicas de los materiales y su estética. El monumento está situado junto al río Guadalquivir y al Paseo de Colón, vía principal con intenso tráfico. El clima es continental con influencia atlántica y con vientos predominantes S-E (10 a 20 km/h) y N-O menos intensos en el entorno del edificio. Se han reconocido en la piedra y ladrillos aerosoles formados por



partículas de polvo, cenizas volantes y sales (cloruros y sulfatos) debidos esencialmente al tráfico rodado y a la influencia del río.



*Figura 4.- La Torre del Oro (Sevilla).*

Con todos estos datos se ha construido una matriz de impacto ambiental (Figura 8) en la que la influencia de los distintos factores se ha evaluado entre 1 y 3. Los parámetros que se han considerado con mayor influencia han sido las características del terreno sobre la que está asentada la Torre con la presencia de un acuífero, la proximidad al río, la contaminación urbana y algunas actuaciones antrópicas recientes, entre las que también se pueden incluir algunas restauraciones no demasiado afortunadas (Falcón, 1983; Leguey, 2000; Barrios-Sevilla y Barrios-Padura, 2003). El total de puntos alcanzado para la valoración de los distintos efectos negativos es del orden de 70 frente a un máximo posible de 324

puntos. Esto supone un 22%, lo que puede clasificarse de daño moderado.



Figura 5.- Inundación en Sevilla (1947) afectando a la Torre del Oro (Sevilla-Equipo 28, 1990).

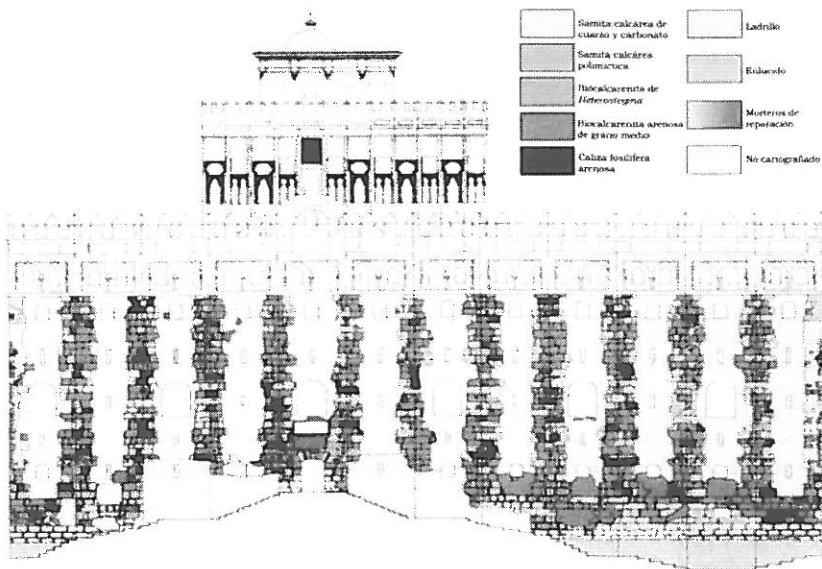
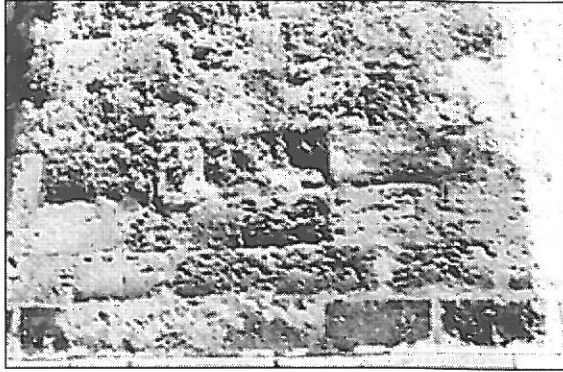
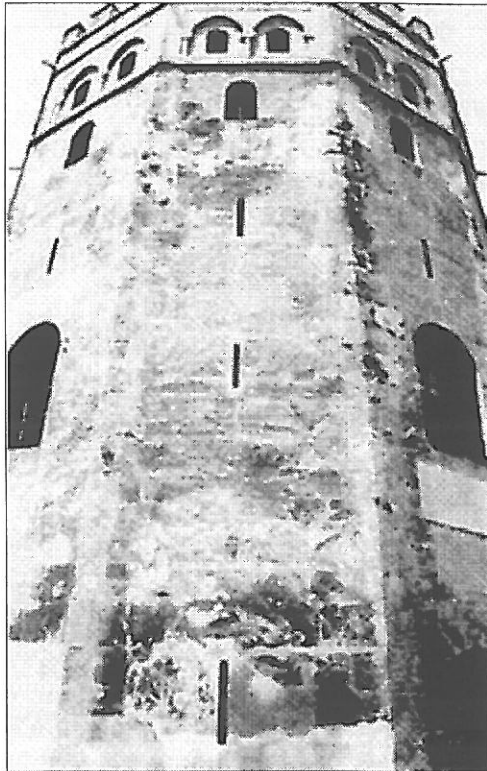


Figura 6.- Mapa litológico de la Torre del Oro (primer cuerpo) (Leguey, 2000).



*Pérdida de material*



*Costras negras y pátinas biológicas*

*Figura 7.- Formas de degradación en la Torre del Oro (Sevilla).*

		MODIFICACIONES DE LOS MATERIALES							MOD. ESTRUCTURA			ESTÉTICA	TOTAL
		COMPOSICIÓN QUÍMICA	ESTRUCTURA	POROSIDAD	PERMEABILIDAD	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	PROPIEDADES MECÁNICAS	RESISTENCIA AL FUEGO	SENSIBILIDAD A LA METEORIZACIÓN	SUBSIDIENCIA	ESTRUCTURA		
PARÁMETROS AMBIENTALES	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO								2	2			4
	PRESENCIA DE ACUÍFEROS	3						3					9
	PROXIMIDAD DE UN RÍO, LAGO, MAR	3		3	3			3		2			17
	TIPO DE CLIMA	2						2					6
	RIESGOS NATURALES									3	3	3	9
	AGENTES CONTAMINANTES	3		3		3			3				3
OTROS PARÁMETROS	EXTRACCIÓN, PREPARACIÓN Y PUESTA EN OBRA						2		2				4
	INTERVENCIONES								1			2	3
	ACCIÓN ANTRÓPICA	2					1				1		3
<b>TOTAL</b>		<b>70/324</b>							<b>22%</b>			<b>70</b>	

MAYOR INFLUENCIA **3-2-1** MENOR INFLUENCIA

Figura 8.- Matriz de impacto ambiental para la Torre del Oro de Sevilla.

## El Monumento a la Fé Descubridora (Monumento a Colón) en Huelva

Es un monumento reciente, de principios del siglo XX (1927-1929) del que se conserva abundante documentación. Se trata de una escultura de 37m de altura, que representa a un hombre sobre un pedestal, que lleva una capa con una capucha y sostiene una cruz que va desde sus pies hasta su pecho (Figura 9). El monumento está situado en el estuario de Huelva, en la confluencia de los ríos Tinto y Odiel, junto a un área altamente industrializada (industria petroquímica, polo químico de Huelva, balsa de fosfoyesos) (Figura 10) (Galán et al. 2000; Bernabé 2005). Se construyó con hormigón, piedra (calcarenita de Niebla) y hierro. La estructura de hormigón está revestida con sillares de calcarenita, unidos mediante anclajes de hierro. Las principales formas de

degradación son fisuras y fracturas, costras, pérdida de material, eflorescencias y enmugrecimiento, que afectan a una gran parte del monumento (Figura 11) (Bernabé 2005). Del estudio de costras, eflorescencias y partículas se deduce que los principales agentes que han actuado negativamente en la conservación del monumento han sido las industrias de los alrededores de Huelva y la proximidad al mar, que además han contribuido a la oxidación rápida de los anclajes de hierro, que al aumentar de volumen han fracturado los sillares (Galán et al. 2000; Bernabé et al. 2005).

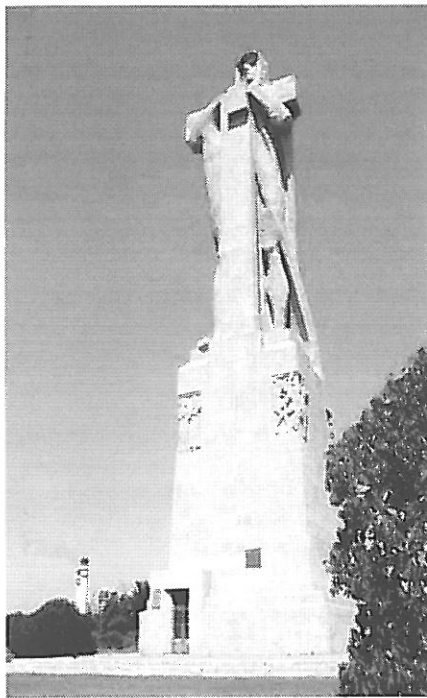


Figura 9.- Monumento a la Fé descubridora (Monumento a Colón) de Huelva

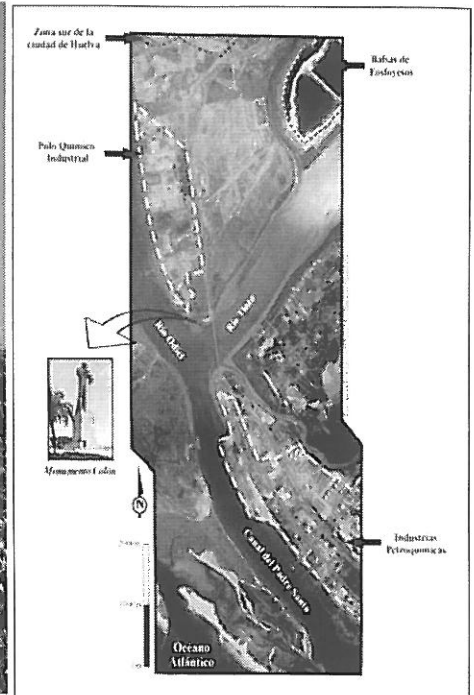
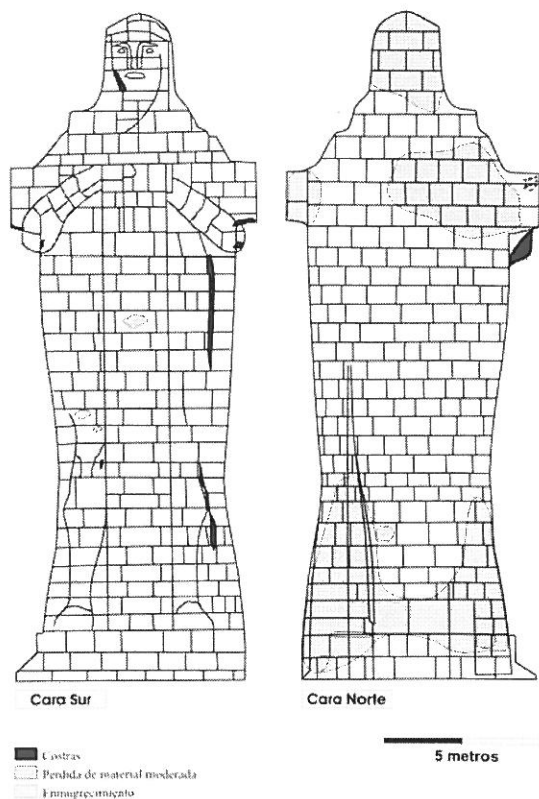


Figura 10.- Entorno medioambiental del Monumento a Colón (Huelva)

La matriz de impacto ambiental (Figura 12) refleja básicamente los parámetros más influyentes y las modificaciones que ha causado en los materiales, estructura, aspecto estético. Se han referido a un máximo de 10 puntos en cada caso. La EIA se estima en 144 frente un máximo de 600 (un 24%) lo que representa un daño moderado. Las intervenciones que se han realizado en el año 2000 cambian algunas de las propiedades de las piedra (permeabilidad, porosidad, propiedades mecánicas, sensibilidad a la meteorización, etc.) lo que hace el IA disminuya en la actualidad ha 123 puntos (17%) y la valoración se modifica así favorablemente tras la intervención.



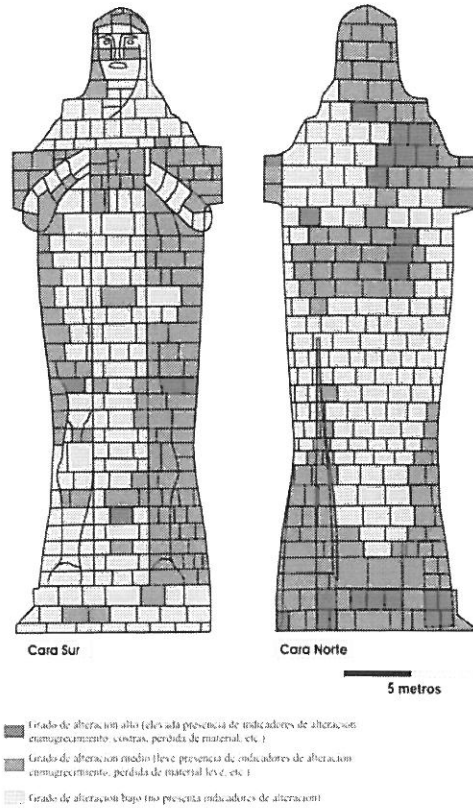


Figura 11.- Mapas con indicadores de alteración y grados de alteración del Monumento a Colón (Bernabé, 2005).

		MODIFICACIONES DE LOS MATERIALES							MOD. ESTRUCTURA			ESTÉTICA	TOTAL
		COMPOSICIÓN QUÍMICA	ESTRUCTURA	POROSIDAD	PERMEABILIDAD	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	PROPIEDADES MECÁNICAS	RESISTENCIA AL FUEGO	SENSIBILIDAD A LA METEORIZACIÓN	SUBSIDIENCIA	ESTRUCTURA		
PARÁMETROS AMBIENTALES	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO												
	PRESENCIA DE ACUÍFEROS												
	PROXIMIDAD DE UN RÍO, LAGO, MAR	6		9	5		6		9		10		45
	TIPO DE CLIMA	3		7	5		6		7				28
	RIESGOS NATURALES												
	AGENTES CONTAMINANTES	7		7	5	8	5		9				41
OTROS PARÁMETROS	EXTRACCIÓN, PREPARACIÓN Y PUESTA EN OBRA		5				6		6			3	20
	INTERVENCIONES			-7	-7		-3		-5			1	-21
	ACCIÓN ANTRÓPICA	1					3		2			4	10
<b>TOTAL</b>		123/720 → 17%											<b>123</b>

Después de la Intervención

MAYOR INFLUENCIA **10 - 0** MENOR INFLUENCIA

Figura 12.- Matriz de impacto ambiental para el Monumento a la Fé descubridora (Huelva) después de la intervención.

## CONCLUSIONES

En coherencia con lo expresado hasta aquí, podemos concluir diciendo que los Monumentos histórico-artísticos, los Sitios históricos, los Conjunto arquitectónicos, y en general el Patrimonio Cultural Inmueble identifica a las Ciudades y a sus ciudadanos con su historia y cultura, rodeado por un entorno hostil que lo pone en peligro constantemente. Por ello la Sociedad, consciente de que todo este Patrimonio es signo de identidad de los pueblos, está obligada a conservarlo y a utilizarlo de forma sostenible para que sea transmitido a generaciones sucesivas en el mejor estado posible.

Por tanto, diseñar, experimentar y evaluar propuestas para la “Evaluación del Impacto Ambiental en el Patrimonio Monumental” a través de los tiempos y hasta la actualidad debería ser un



instrumento eficaz para valorar el estado de degradación en que se encuentra un monumento y para introducir medidas correctoras para recuperarlo. La EIA puede también prever los efectos negativos que los cambios ambientales del entorno y otros factores antropogénicos puedan producir en el futuro.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Ballart, J. & Trasserras, J.J. (2001) *Gestión del Patrimonio Cultural*. Ariel. Barcelona, 224 pp.
- Barrios-Sevilla J., Barrios-Padura, A. 2003. *La construcción de la Torre del Oro desde sus cimientos*. Vorsevi, Sevilla, 92 pp.
- Bernabé J.M. 2005. *Caracterización del entorno medioambiental del Monumento a la Fe Descubridora (Monumento a Colón) de Huelva, e influencia en la degradación de sus materiales*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, 212 pp.
- Bernabé J.M., Carretero M.I., Galán E. 2005. *Mineralogy and origin of atmospheric particles in the industrial area of Huelva (SW Spain)*. Atmospheric Environment, 39: 6777-6789.
- Conesa Fernández-Vitora V. 1997. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 412 pp.
- Falcón Márquez, T. 1983. *La Torre del Oro*. *Arte Hispalense*, 35, 137pp.
- Galán E., Carretero M.I., Bernabé J.M. 2000. *The Columbus monument at Huelva (SW Spain): Preliminary survey on stone decay*. Pp 715-720 in Fassina (ed.), Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Elsevier.
- Galán E., Carretero M.I., Leguey S. 2003. *Forms and products of alteration of the Torre del Oro (Seville, Spain)*. Pp: 225-242 in Pérez-Rodríguez (Ed.) *Applied Study of Cultural Heritage and Clays*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

-Galán E., Leguey S., Carretero M.I., Alejandro F.J. 2002. *The mortars of the Torre del Oro*. Pp: 165-172 in Galán & Zezza (eds.), *Protection and Conservation of the Cultural Heritage of the Mediterranean Cities*, Swets & Zeitlingers, Lisse.

-Leguey S., Carretero M.I., Fabbri B., Galán E. 2001. *Caracterización mineralógica y química de los ladrillos de la Torre del Oro de Sevilla: una aproximación a la temperatura de cocción y origen de las materias primas*. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 40: 455-459.

-Leguey, S. (2000) *La Torre del Oro (Sevilla): Entorno medioambiental y caracterización y estado de conservación de los materiales de construcción*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, 351 pp.

-Martín Cantarino C. 1999. *El estudio de impacto ambiental. Una introducción*. Universidad de Alicante, 166pp.

-Morales, A.J. (1996) *El Patrimonio Histórico-Artístico*. Historia 16. Madrid, 155 pp.