

DOS EJEMPLOS DE VALORACION DE RIESGOS NATURALES EN LA PROVINCIA DE BIZKAIA, PAIS VASCO

J. I. LUGARESARETI BILBAO

Departamento de Geografía y O. del Territorio. Facultad de Filosofía y Letras.
Plaza de San Francisco s/n. 50009 ZARAGOZA - ESPAÑA.

Resumen: El trabajo que presentamos a continuación, pretende mostrar dos tratamientos para la valoración de Riesgos Naturales. Esto se hace posible a través de una formulación matemática que implica diferentes procedimientos. En la actualidad la valoración de Riesgos engloba apreciaciones económicas de las pérdidas, y por ello en este artículo se pretende trabajar con esta argumentación. La primera aplicación se verifica de forma directa, mientras que la segunda proporciona una visión general, utilizando matrices de diagnóstico. Ambas soluciones resultan útiles para efectuar levantamientos detallados en la Provincia de Bizkaia.

Palabras clave: Procesos, vulnerabilidad, amenazas, riesgo, modelos, Bizkaia.

Abstract: The next work shows two approaches for the assessment of Natural Risks. It is possible to research towards a mathematic formulation that in this case involves different procedures into the formulation. In recent years, the valoration of risks enclosed economical valorations of losses and the aim of the paper is to reach this solution between two methodological approaches. The first emphasises a direct application, while the second provides an overview employing a matritial analysis. Both of them are usefully for working with detailed surveys in the Province of Biscaia (Spain).

Key words: Processes, vulnerability, hazards, risk, models, Biscaia.

1. Introducción

El estudio de Riesgos Naturales que aquí se propone parte de dos fundamentos teóricos: la Peligrosidad Natural y la Vulnerabilidad. Los procesos naturales pueden constituir una *Amenaza* potencial (Hazard) para todo tipo de infraestructuras, orden social, estabilidad institucional y bienes de una comunidad. Entonces, algunos autores como (Panizza, 1988), lo expresan en términos de *Vulnerabilidad Territorial*. Según (Ayala, 1990a) la valoración de Riesgos Naturales, más que una cuestión teórica, es quizás un asunto de confusión terminológica. Los distintos autores que han trabajado en este campo, han debido de adaptar teorías, lenguaje, métodos y escalas de tratamiento, a las necesidades de un estudio concreto. En este contexto puede argumentarse que la Peligrosidad Natural está causada por los procesos naturales, y que estos han existido siempre al margen de la voluntad humana (Lugaresaresti, 1993b). Puede considerarse que el Riesgo Natural (Risk) surge como consecuencia de una interacción de esos bienes

humanos, con los procesos naturales que los *Amenazan*. Al conjunto de elementos vulnerables lo denominaremos *Capital Riesgo*, y en principio no incluye el patrimonio natural *Asset*. Sin embargo, algunos autores como (Panizza & Piacente, 1993), sí lo tienen en cuenta en las estimaciones de vulnerabilidad.

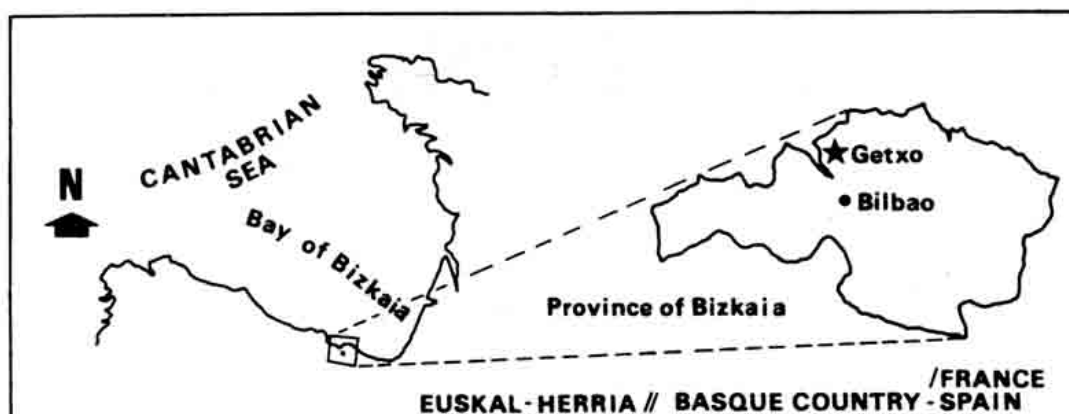


Fig. 1: Localización del sector estudiado (Location of the study area).

También hay que tener en cuenta otros aspectos de interés como: las escalas de percepción y las de estudio. La escala de percepción está referida al cómo se ve a sí misma cierta comunidad ante un desastre natural. Además hay que contar con los conceptos de magnitud e intensidad.

La magnitud es hasta cierto punto una elaboración administrativa, y en consecuencia según (Crozier, 1986), se estima a partir de los medios económicos disponibles por un gobierno para indemnizar a las víctimas de una catástrofe natural. Hablamos de una distribución espacial de los daños en función de las responsabilidades que hubiera lugar para las reparaciones e indemnizaciones.

La intensidad estaría relacionada con las características intrínsecas del fenómeno de Peligrosidad Natural, el cual puede ser más o menos fuerte. Por ejemplo, no siempre los mismos procesos se comportan de igual manera en el mismo espacio, existiendo diferencias entre unas zonas y otras. Con frecuencia las tormentas estivales provocan puntualmente grandes problemas, así como el comportamiento de unos flujos de ladera varía según el tipo de precipitación, sustrato, orientación de una ladera etc.

Una vez de explicar estos conceptos, nos hemos acercado a la idea de escala. Aquí debemos de pensar que existe una escala de afección de un fenómeno catastrófico, y otra de estudio para ciertos procesos. La afección está relacionada con las alegaciones de los ciudadanos afectados. Si la magnitud de la catástrofe es alta, hemos de pensar que se ha superado el marco autonómico o regional. En cambio, la escala de estudio dependerá de los objetivos que se planteen previamente. Estos aspectos han sido discutidos ampliamente por (Cendrero, 1991) y (Panizza, 1988), generalizando una serie de escalas: macro, meso y micro. Es decir, hablamos de planeamiento.

El estudio que Riesgos aquí planteado, tiene en cuenta dos escalas de aplicación: 1/ 5.000 estudio piloto en la hoja 37/ 61, y uno general 1: 25.000. Además se han pretendido mostrar dos procedimientos cuantitativos de análisis, valorando de dos maneras diferentes: directo e indirecto. El procedimiento directo proporciona resultados en pts \$ constantes y se ha aplicado al estudio piloto; mientras que el indirecto utiliza un sistema matricial en todo el proceso de cálculo, y se desarrolla a 1: 25.000.

2 - Antecedentes y estado actual de la cuestión

2.1- Estados español y francés

La preocupación por el estudio de los Riesgos Naturales es un hecho relativamente reciente. En el Estado español el Instituto Tecnológico GeoMinero Español ITGE, es el encargado - entre otras materias -

de recopilar toda la información referente a riesgos en el territorio español. Hay que citar los trabajos realizados en el País Vasco por (Ayala et al, 1987) para el ITGE, así como el estudio de la Ciudad de Alcoy. También hay que atribuir al ITGE (Ayala, 1993 a, b) dos informes monográficos dedicados a la valoración de riesgos. En el País Vasco conocemos la relevancia de algunos trabajos. Son especialmente notorios los esfuerzos de las Diputaciones Forales de Bizkaia y Gipuzkoa, para el análisis de algunos fenómenos de peligrosidad. En este contexto, debemos de destacar el Estudio Piloto 1: 5.000 efectuado en cuatro municipios vizcaínos por (INGEMISA, 1986), posteriormente ampliado en 1990 a otros 7. Con carácter local, hay que prestar atención a trabajos puntuales de gran importancia como el expuesto para la ciudad de Bilbao por (Arriola, 1989).

En el Estado francés el estudio, actuación, elaboración de planes de emergencia e indemnizaciones, están coordinados por la DRM (Délégation aux Risques Majeurs), con amplias competencias para las regiones, departamentos, municipios y Territorios de Ultramar (D' Ercole, 1994). Toda esta filosofía se recoge en los PER (Plans d' Exposition aux Risques). (Tazzieff, 1983) expone en un informe al Presidente de la República, todo aquello que debe de cubrir un PER: aspectos teóricos, metodologías para los estudios, incluso los hipotéticos planes de actuación después de un desastre natural. Además en el caso francés, también se contempla la hipótesis de una catástrofe tecnológica: incendio de una planta química, escape radiactivo en una central nuclear, o similares (Danan et al, 1989). El plano de aplicación es nacional, aunque cada región tiene autonomía para confeccionar su propio PER. Cada PER contiene un anexo donde se sugieren pautas de actuación para las autoridades. En sí mismos constituyen un plan de protección civil muy elaborado.

A partir de 1994 todos los documentos existentes (PER), (PSS), (PZSIF), etc. han sido remplazados por un documento único, Le Plan de Prevention des risques previsibles (PPR). (République Française, 1994).

3. Procedimientos valorativos

En el contexto de las Ciencias del Medio Ambiente y de la Tierra, resulta muy habitual recurrir a modelos matemáticos como herramientas de prospección. Las valoraciones que aquí se exponen no son ajenas a esta idea, y por tanto han utilizado dos procedimientos cuantitativos aplicados a diferentes escalas de análisis.

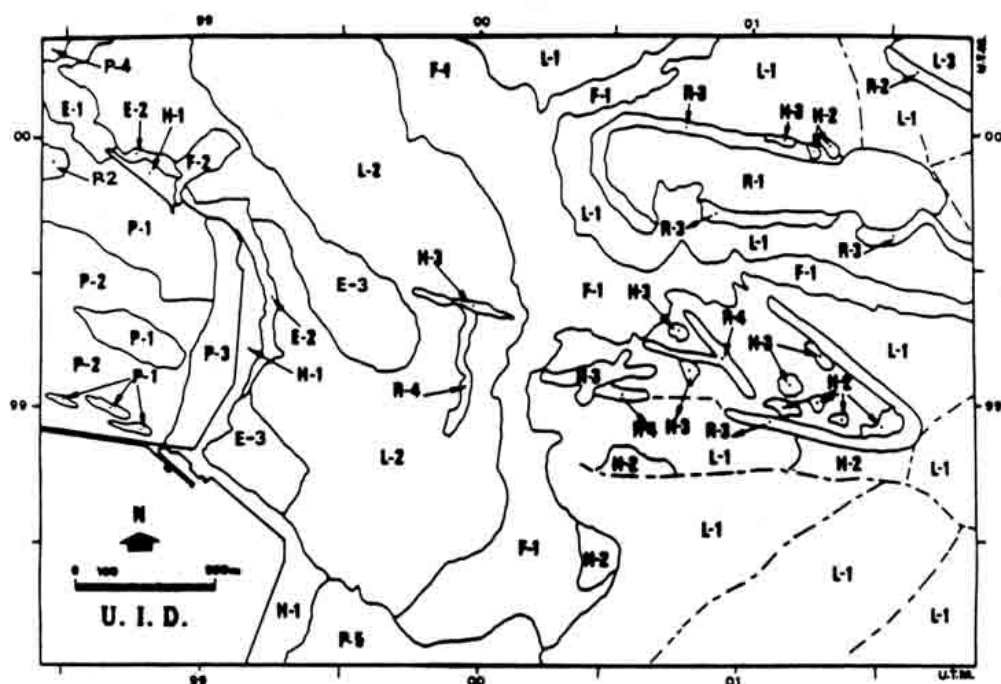
3.1 - Valoración de pérdidas en términos económicos. Estudio Piloto de Riesgos Naturales en el municipio de Getxo. Barrio de Algorta. Escala 1/ 5. 000.

Tabla 1: Índice de Riesgo Natural expresado en términos económicos (Natural Risk index in \$).

EXPRESION GENERAL : INDICE DE RIESGO POTENCIAL

$$IR_{jn} = \frac{V_{jn} \cdot v_{jn}}{T_j} = X_j \quad (\text{Pts/ año } \$)$$

Fuente : Cendrero, 1992. Modificaciones : Lugaresaresti & Sáenz, 1994



DEFINICION DE UNIDADES AMBIENTALES

- | | | |
|---|--|--|
| <p>1) UNIDADES LITORALES EN PLATAFORMA INTERMAREAL O DE FORESHORE.</p> <p>P.1 Risas actuales sobre materiales flysch. Arrecifes. Sector intermareal; actuación permanente de los agentes responsables de la dinámica marítima. Submersión. Pendientes 0 - 1%. Algunas algas. Usos: recreativo y pesca. Grado bajo de urbanización. Infraestructuras: bajo. Dinámica progresiva.</p> <p>P.2 Playas en zona intermareal con algunos apuntamientos rocosos de rasa. Sedimentos con origen antropogénico. Submersión. Pendiente 0 - 2%. Ausencia de algas. Uso recreativo. Baja urbanización. Infraest.: bajo. Dinámica progresiva.</p> <p>P.3 Playas con arenas sueltas. Morfologías dunares procesos de transporte eólico, abordaje de olas y arroyada. Submersión. Pendiente 2 - 5%. Ausencia de vegetación. Uso recreativo. Grado bajo de urbanización. Infraest.: bajo. Dinámica estable.</p> <p>P.4 Playas con arenas cementadas. Presencia de sedimentos de origen humano mezclados con gravas. Cementaciones. Submersión. Pendientes 2%. Ausencia de vegetación. Uso recreativo. baja urbanización. Infraest.: bajo. Dinámica regresiva.</p> <p>2)- UNIDADES DE COSTA EMERGIDA</p> <p>E.1 Cordones dunares relictos. Procesos de arroyada. Pendientes 3%. Inundación. Algunos pinos. Uso residencial. Unidad urbanizada con alto nivel de infraest.: Dinámica regresiva.</p> <p>E.2 Acanalados marinos con procesos de socavación basal. Deslizamientos, solifluxión y desprendimientos. Flujos de ladera. Pendientes < 40%. Vegetación pionera. Usos no calificadas. Unidad no urbanizada. Infraest.: bajo. Dinámica regresiva.</p> <p>E.3 Acanalados marinos relictos por actuaciones humanas. Deslizamientos. Flujos de ladera. Pendientes < 30%. Vegetación inducida. Uso residencial. Urbanización media. Infraestructuras: medio. Dinámica estable.</p> <p>E.4 Risas del Pleistoceno sobre materiales Flysch. Procesos de arroyada y humanos. Amenazas naturales: inundación. Pendientes 5 - 7%. Ausencia de vegetación. Uso residencial. Urbanización media. Infraest.: medio. Dinámica estable.</p> | <p>3) FLUVIAL</p> <p>F.1 Llanura aluvial holocena. Arroyada urbana. Inundaciones. Pendiente 2 - 4%. Vegetación de riberas degradada. Usos: residencial, industrial y recreativo. Urbanización alta. Infraestructuras alto. Dinámica regresiva.</p> <p>F.2 Barrancos con desague litoral. Drenaje artificial. Amenaza: inundación. Pendiente 12%. Vegetación inducida. Uso residencial. Urbanización alta. Infraestructuras: alto. Dinámica estable.</p> <p>4) UNIDADES RELACIONADAS CON RELIEVES ESTRUCTURALES.</p> <p>R.1 Plataforma estructural sobre Flysch. Arroyada. Amenazas puntuales: encharcamiento, inundación. Pendiente 7%. Vegetación: matorral y pinos. Uso: ganadero y forestal. Unidad no urbanizada sin infraestructuras. Dinámica regresiva.</p> <p>R.2 Escarpes sobre Flysch con predominancia caliza. Desprendimientos. Amenazas: flujos de ladera. Pendientes 50%. Usos: forestal y ganadero. Unidad no urbanizada. Ausencia de infraest. Dinám. regresiva.</p> <p>R.3 Escarpe sobre areniscas >50%. Desprendimientos. Amenaza: flujos de ladera. Pendientes 25%. Vegetación matorral. Uso residencial, cultivos. Urban.: baja. Infraest.: media. Dinámica regresiva.</p> <p>R.4 Escarpes sobre materiales Flysch <50%. Desprendimientos. Flujos de ladera. Pendientes 20%. Matorral. Uso: residencial y recreativo. Urbanización alta. Infraest.: alta. Dinámica estable.</p> <p>5) UNIDADES RELACIONADAS CON LADERAS</p> <p>L.1 Laderas con coluviones finos. Creeping y solifluxión. Flujos. Pendientes 25%. Matorral y cultivos forestales. Uso residencial, agrícola y ganadero. Urbanización: baja. Infraestructuras: bajo. Dinámica estable.</p> | <p>L.2 Laderas impermeabilizadas por acciones humanas. Procesos de escombría urbana. Amenaza de inundación. Pendiente 13%. Amenaza de encharcamiento. Vegetación inducida o ausente. Uso residencial. Urbanización alta. Infraest.: alto. Dinámica expansiva.</p> <p>L.3 Laderas con afloramientos calizos. Desprendimientos. Flujos. Pendientes 30%. Matorral. Uso ganadero y forestal. Sin urbanizar. Ausencia de infraestructuras. Dinámica regresiva.</p> <p>6) UNIDADES RELACIONADAS CON FORMAS Y PROCESOS POR ACTUACIONES HUMANAS.</p> <p>H.1 Rellenos de costa artificial y escolteras. Procesos de abrasión y cavitación. Amenaza de submersión. Pendiente 5%. Vegetación inducida y pionera. Uso recreativo. Alto grado de urbanización. Infraest.: alto. Dinámica expansiva.</p> <p>H.2 Depósitos antropogénicos de diversa naturaleza. Procesos de fermentación. Amenaza de flujos rápidos. Pendientes 15%. Vegetación inducida. Uso sin especificar. Urbanización baja. Infraestructuras bajo. Dinámica expansiva.</p> <p>H.3 Canchales abandonados. Desprendimientos. Amenaza flujos. Pendientes 40%. Vegetación inducida y algunos pinos. Uso sin clasificar. No urbanizado. Sin infraest. Dinámica regresiva.</p> |
|---|--|--|

Figura 2: Mapa de unidades ambientales. Hoja D.F.B. 37/61 (Algorta). Fuente: Lugaresaresti & Sáenz 1994. (Map of Environmental Units).

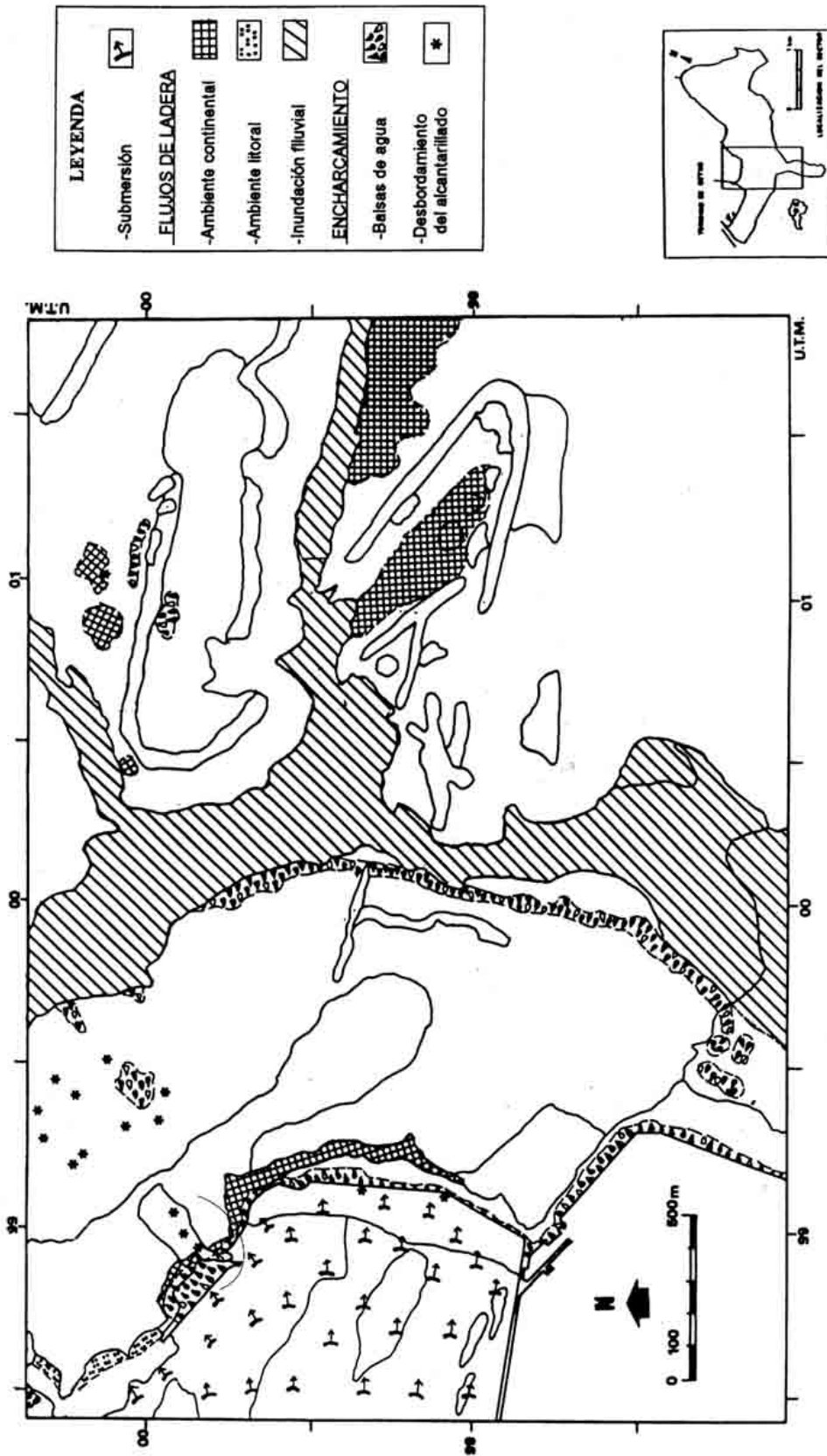


Figura 3: Mapa de Amenazas. Hoja D.F.B. 37/61 (Algorta). Fuente: Lugareshresti & Sáenz. (Natural Hazard Map).

Aquí se sintetizan los primeros resultados conseguidos en la hoja 37/61 1: 5.000 (Algorta) de la Diputación Foral de Bizkaia. Se planteó desde un comienzo una estimación económica de vulnerabilidad, teniendo en cuenta el valor de las cosas, bienes, seres humanos potencialmente amenazados, con la finalidad de obtener un Índice de Riesgo Potencial. Se tuvieron en cuenta cuatro amenazas: abordaje de olas o submersión, deslizamientos, encharcamiento e inundaciones por desbordamiento fluvial. Según los primeros resultados expuestos por (Lugaresaresti & Sáenz, 1994), los daños esperables se acercan a los 800 millones de pesetas. La fórmula que aparece en la tabla I permite obtener un índice en pts/año.

Uno de los problemas más comunes cuando se aplican modelos matemáticos directos, es la naturaleza y origen de la información que los alimenta. Cuando se utilizan datos económicos se recurre al mercado inmobiliario, así como de servicios, a fin de conseguir unos valores guía. Posteriormente esto ha de plasmarse sobre el territorio, ya que es allí donde se efectúa la tasación de los bienes amenazados. Previamente hubo que tratar la base de trabajo confeccionando Unidades Ambientales (Fig. 2). Estas permitieron integrar variables procedentes del medio físico (procesos geomorfológicos, formas, vegetación, clima, etc), así como del medio humano: usos del suelo, volumen de infraestructuras población, etc. Todo ello encaminado a simplificar las labores de diagnóstico.

Como se venía señalando con anterioridad, la utilización de la información económica, se efectúa por medio de un peritaje - según mercado -, de una serie de tipos impositivos: viviendas, infraestructura de comunicaciones, red de alcantarillado, mobiliario urbano, etc. La tasación se hace para un lugar en concreto, con más de 50 tipos impositivos que constituyen la base imponible de *Capital Riesgo*. Este Capital está compuesto por el valor de las cosas expuestas ante un proceso natural de carácter catastrófico: olas, desbordamiento fluvial, encharcamiento, deslizamientos (Fig. 3). Cuando se trabaja en áreas piloto, es muy difícil establecer la intensidad en determinados procesos. Sin embargo sí pueden señalarse grados de vulnerabilidad en función de la superficie urbanizada, la población y el volumen de infraestructuras amenazadas. Sobre todo destacable en el precio de los bienes inmuebles que varían de una zona a otra dentro de la ciudad. Esta oscilación no se debe a una calidad intrínseca de las construcciones, sino que el encarecimiento está provocado por una fuerte demanda de viviendas nuevas, además de otros motivos como son el emplazamiento, distancia del centro, etc. Todo ello son parámetros subjetivos que mueven el mercado.

Parámetros de cálculo:

IR_{jn} - Índice de Riesgo Natural Potencial que se desea calcular para la amenaza j en la Unidad Ambiental n.

V_{jn} - Valor de las cosas, bienes, personas y animales amenazados por el proceso j en la Unidad Ambiental n. (Capital Riesgo. Se expresa en pts/año \$).

v_{jn} - Porcentaje de pérdida en tanto x 1 esperable ante el proceso j en la Unidad Ambiental n.

Xi - Pérdida económica en pts/año para la mencionada Unidad Ambiental.

T_j - Retorno en años de la amenaza considerada.

Como estamos considerando la valoración de Riesgo Natural para distintas amenazas, el total lo constituirá la suma de los resultados parciales:

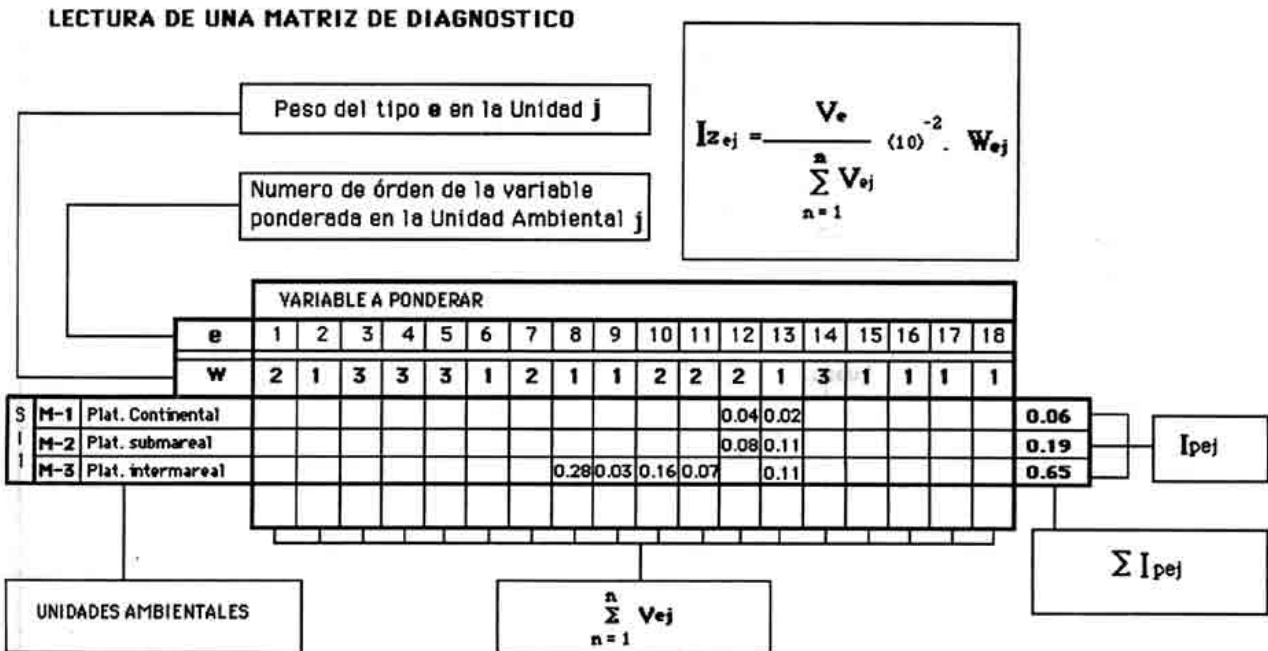
Amenaza 1 - Submersión	Xi1
Amenaza 2 - Deslizamientos	Xi2
Amenaza 3 - Encharcamiento	Xi3
Amenaza 4 - Desbordamiento	Xi4

Para n amenazas obtendríamos el Índice de Riesgo Potencial para un territorio dado:

$$X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + X_{i4} + \dots + X_{in}. \text{ Entonces : } \sum_{n=1}^n X_{in}$$

Debe de entenderse que el Índice de Riesgo Potencial solamente muestra unidades monetarias en pts/año (1994). No obstante existen otras formas de actualizar estos valores por medio de formulas de interés compuesto, realizando proyecciones a 10, 20, 50 años, tal y como se recoge en los métodos experimentales elaborados por el Flood Hazard Research Center of Middlesex (1978) reelaborados y sintetizados por la DRM francesa dentro de los PER. (Universidad de Caen, 1992)

Tabla 2: Ejemplo de lectura para una matriz de diagnóstico (Example for reading a diagnose matrix).



3.2 - Valoración de perdidas en términos no económicos: Aproximación matricial al análisis de Riesgos Naturales en la Cuenca de los Ríos Gobela - Udondo y Sector Litoral.

Pueden utilizarse aproximaciones indirectas para la valoración de Riesgos Naturales, manejando matrices de diagnóstico, del mismo modo que en la evaluación de Impactos Ambientales. Este procedimiento fue utilizado en un primer momento en la Cuenca del Río Gobela - Udondo y litoral adyacente (Provincia de Bizkaia), consiguiendo unas categorías de riesgo (Lugaresaresti, 1993a). En el proceso de evaluación se utilizaron técnicas de pesos/valores, siguiendo las recomendaciones marcadas por (Aguiló et al, 1993) para el MOPTMA, aplicándose a un análisis matricial (tabla 2). También se efectúa una división artificial del territorio en Unidades Ambientales para facilitar las tareas de diagnóstico.

3.2.1 - Peligrosidad Natural.

Se parte del hecho considerado por (Panizza 1988), que el Riesgo " (...) es el producto de la Vulnerabilidad por la Peligrosidad Ambiental ". En consecuencia, quedaría el calcular qué cantidad de peligrosidad tenemos dentro del área de estudio, así como ver cuanta vulnerabilidad hay. Por ello, en un

primer momento se configura una matriz, en cuyo margen izquierdo se anotan las Unidades Ambientales. Con posterioridad se hace un listado de los procesos más importantes presentes en el área de estudio. Cada uno de estos (tabla 3) tendría un peso (Weight) conforme a una escala de 1 a 3 (1 poca significancia; 3 mucha), según su magnitud en cada Unidad Ambiental. El Valor (Value) es la intensidad que esperamos para el proceso considerado en la Unidad Ambiental *j*. Esta se mide de 1 (poca) a 10 (mucha). A continuación se describen los pasos seguidos en la matriz de la tabla 4.

Tabla 3: Listado de los procesos geomorfológicos
(Identification types of geomorphological processes).

LISTADO DE PROCESOS	
ORDEN	TIPOS
1	Creeping o reptación
2	Piping
3	Solifluxión
4	Deslizamientos
5	Desprendimientos y vuelcos
6	Avalanchas de rocas
7	Socavación basal marina
8	Abrasión
9	Cementaciones marinas artificiales
10	Acumulación de arenas y cantos marinos
11	Abordaje de oleajes de temporal (submersión)
12	Shoaling o agitación marina en aguas portuarias abrigadas
13	Efectos de cavitación
14	Arroyada urbana
15	Incisiones lineales
16	Movimiento antrópico de tierras
17	Transporte eólico de arenas

1° - Adjudicación de pesos *W* a cada uno de los procesos *e* con salida a la Unidad Ambiental *j*. **W_{ej}** (Se refiere a la magnitud del proceso).

2° - Establecer un valor a cada proceso *e* en cada Unidad *j* conforme a una escala de 1 a 10. **V_{ej}**. (Se refiere a la intensidad).

3° - Efectuar una suma horizontal por columnas : $\sum V_{ej}$

4° - Dividir el sumatorio de cada columna por el valor adjudicado: $\sum V_{ej} : W_{ej}$

5° - Dividir por 100 y multiplicar por el Peso **W_{ej}**.

6° - Obtención de un índice sumando por filas las Unidades Ambientales **I_z** $\sum e_j$

7° - Agrupamiento en categorías de diagnóstico conforme a unos parámetros estadísticos.

Consecuentemente el Índice de Peligrosidad sería:

UNIDADES HOMOGENEAS		PELIGROSIDAD NATURAL																		z _{ej}	
		e	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18
		w	2	1	3	3	3	1	2	1	1	2	2	2	1	3	1	1	1	1	
S I 1	M-1	Plat. Continental												0.04	0.02					0.06	
	M-2	Plat. submareal												0.08	0.11					0.19	
	M-3	Plat. intermareal								0.28	0.03	0.16	0.07		0.11					0.65	
S I 2	C-1	Playa							0.15	0.14	0.02	0.2	0.14							0.65	
	C-2	Playa							0.26	0.28	0.23	0.12	0.23							1.12	
	C-3	Playa							0.08	0.28		0.27	0.07							0.65	
	C-4	Dunas																	0.01	1.10	
	C-5	Acantilado	0.16		0.87	0.36	0.21	0.01										0.18	0.11	1.90	
	C-6	Acantilado	0.21		0.29	0.72	1.05	0.42	0.15	0.04		0.08	0.14		0.05				0.11	3.26	
	C-7	Rasas													0.04	0.26	0.09			3.26	
S I 3	F-1	Llanura aluvial	PASA A LA CATEGORIA MAS ELEVADA																		
	F-2	Terraza fluvial			0.15		0.11											0.18		0.44	
	F-3	Marisma	PASA A LA CATEGORIA MAS ELEVADA																		
S I 4	G-1	Cresta					0.21												0.09	0.30	
	G-2	Cresta					1.05												0.07	1.12	
	G-3	Cresta					1.05												0.15	1.20	
	G-4	Coladas basálticas	0.32		0.43		1.05	0.04										0.09	0.25	2.18	
	G-5	Diapiros			0.17														0.05	0.22	
	G-6	Chevrons																	0.07	0.07	
	G-7	Ladera	0.12	0.02	0.12	0.14	0.13											0.18	0.15	0.86	
	G-8	Ladera	0.64	0.09	0.29	0.12												0.18	0.15	1.47	
	G-9	Ladera	0.64	0.19	0.87	0.24												0.26	0.15	2.35	
	G-10	Relieves ondulados	0.07	0.08														0.10	0.25	0.45	
S I 5	A-1	Costa artificial							0.23	0.03		0.27	0.70						0.07	1.30	
	A-2	Escombrera	0.21		0.87	0.18													0.77	2.03	
	A-3	Dep. de escorias				0.52		0.06	0.04	0.04										0.66	
	A-4	Lodos industriales	PASA A LA CATEGORIA MAS ELEVADA																		
	A-5	Area urbanizada	0.16																0.18	0.34	
	A-6	Canal de navegación											0.10	0.7	0.08	0.05				0.93	
	A-7	Escollera									0.28		0.82	0.70		0.11				1.91	
	A-8	Canteras			0.12	0.24	0.52												0.18	0.38	1.44

Tabla 4: Ejemplo de una matriz de diagnóstico simplificada.
(Example of a single diagnose matrix of Hazard).

INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO. (1 : 25. 000)

EQUIPAMIENTO PRIVADO	EQUIPAMIENTO PUBLICO	VIAS DE COMUNICACION	INFRAESTRUCTURA PORTUARIA	ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> - Viviendas en bloque con más de 5 pisos. - Viviendas en bloque con menos de 5 pisos - Viviendas unifamiliares adosadas o exentas - Casas de campo tipo villa o Chalet - Jardines privados - Canchas deportivas, piscinas - Pistas y accesos - Depósitos de agua y grupos de presión - Instalaciones eléctricas y de alumbrado 	<ul style="list-style-type: none"> - Alumbrado - Señalización de tráfico - Parques y jardines - Edific. institucional - Colegios - Religioso - Grandes superficies comerciales - Pequeñas instalaciones comerciales - Cementerios - Hoteles - Aparcamientos - Instalaciones deportivas 	<ul style="list-style-type: none"> - Autovías - Carreteras comarcales y de la red Foral - Pasos subterráneos y túneles - Caminos vecinales y pistas forestales en acceso montes públicos - Ferrocarril metropolitano - Vías urbanas 	<ul style="list-style-type: none"> - Diques de abrigo - Espigones y malecones - Equipos de señalización marina basados en tierra - Equipos de señalización marina fondeados - Atraques secundarios de mantenimiento - Puertos deportivos - Oleoductos con estaciones de bombeo. - Cintas transportadoras para graneles sólidos - Silos - Maquinaria de elevación - Almacenes consignatarios y de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Depósitos de agua - Distribución general de agua potable y estaciones de bombeo - Alcantarillado y colectores - Gasoducto - Distribución general de Gas Natural - Estaciones transformación alta tensión. - Torres de alta tensión - Distribución subterránea de líneas eléctricas - Subestaciones telefónicas, y repetidores telefonía - Vertedero de escombros - Pozos sépticos
INDUSTRIAS				
<ul style="list-style-type: none"> - Industria química básica - Pequeños astilleros - Ind. metalúrgica - Automoción - Química de plásticos - Mecánica en general y bienes de equipo - Eléctrica ligera - Alimentaria - M. de construcción 				

Tabla 5: Inventario de infraestructuras.
(Territory substructure inventory).

UNIDADES HOMOGÉNEAS		EQUIPAMIENTO PRIVADO	EQUIPAMIENTO PÚBLICO	VÍAS DE COMUNICACION	INFRAESTRUCT. PORTUARIAS	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y OTROS.	INDUSTRIAS	$\sum VT_{ej}$
S	M-1 Plat. Continental				1.28	0.53		1.81
I	M-2 Plat. submareal				1.84	1.02		2.86
1	M-3 Plat. intermareal				0.35	1.54		1.89
	C-1 Playa		0.48			2.43		2.91
S	C-2 Playa					1.01		1.01
I	C-3 Playa					0.53		0.53
	C-4 Dunas	1.17	1.43	0.53		0.84		3.97
2	C-5 Acantilado	2.47	2.01	1.45		4.24		10.97
	C-6 Acantilado			1.42	0.10	1.00		2.52
	C-7 Rasas	3.69	3.20	2.48		1.00	0.01	10.38
S	F-1 Llanura aluvial	3.42	4.68	3.78		5.24	0.31	17.43
I	F-2 Terraza fluvial	0.06	0.18	0.41		0.65	0.03	1.33
3	F-3 Marisma		0.98	1.51		0.52		3.01
	G-1 Cresta	0.43		0.93		2.85		4.21
	G-2 Cresta	0.05	0.03	0.35		0.66		1.09
	G-3 Cresta		0.14	0.47		0.26		0.87
S	G-4 Coladas basálticas	0.37	0.67	0.51		1.37		2.92
I	G-5 Diapros	0.33		0.64		0.40		1.37
	G-6 Chevrons	0.06		0.48		0.43		0.97
4	G-7 Ladera	0.05		0.23		0.37		0.65
	G-8 Ladera	0.95	1.22	2.14		1.98	0.06	6.35
	G-9 Ladera	1.33	0.45	2.81		1.02		5.61
	G-10 Relieves ondulados	3.73	0.84	3.71		4.48	0.28	12.43
	A-1 Costa artificial	4.48	4.05	2.46	0.13	4.14		15.26
	A-2 Escombrera		0.07	1.04				1.11
S	A-3 Dep. de esoorias						0.06	0.06
I	A-4 Lodos industriales				0.03			0.03
5	A-5 Area urbanizada	3.55	3.74	4.72		5.57	0.21	17.79
	A-6 Canal de navegación			0.03	0.25	0.04		0.07
	A-7 Escollera			0.71		0.01		0.97
	A-8 Canteras					0.45		0.45

Tabla 6: Índice de vulnerabilidad.
(Index of vulnerability).

$$Iz_{ej} = \frac{Ve}{\sum_{n=1}^n Ve_j} \quad (10) \cdot We_j^{-2}$$

Esta formula sintetiza todas las operaciones realizadas con una matriz para valorar la Peligrosidad.

3.2.2 - Vulnerabilidad. (Tablas 5 y 6)

La Vulnerabilidad se estima a partir de un listado de infraestructuras que pudieran existir en cada una de las Unidades Ambientales, ponderando de la misma manera que se hace con la Peligrosidad. Los índices que se obtienen en el margen derecho de la matriz, representarían el Índice de Vulnerabilidad Total apreciada en el área de estudio: IvT_{ej} .

3.2.3 - Riesgo (Tabla 7).

Si partimos de la igualdad propuesta con anterioridad, puede efectuarse el producto de los índices parciales obtenidos en el apartado de Vulnerabilidad por el de Peligrosidad, y así conseguir unas cifras que nos darían el Riesgo que podría existir en cada una de las Unidades Ambientales.

$$IvT_{ej} \times Iz_{ej} = \text{RIESGO}$$

Posteriormente se hacen cuatro categorías de Riesgo tomando como referencia la desviación estándar S de los valores obtenidos en el producto. Así surgen cuatro categorías:

- | | |
|------------|-------------|
| I - Bajo | III- Alto |
| II - Medio | IV- Crítico |

4. Conclusiones

La utilización de modelos matemáticos en la valoración de Riesgos Naturales, sea cual fuere el procedimiento, permiten al técnico manejar gran cantidad de información. Sobre todo cuando se trabaja con datos económicos, no importando que las cifras sean aproximadas. El procedimiento directo ha hecho posible esta intención a pesar de la dificultad que entraña la consecución de información, puesto que esta parte de los valores del mercado. Una de las soluciones hubiera sido el recurrir a los valores catastrales, pero hay que tener en cuenta la situación actual del mercado mobiliario, y ver la diferencia que existe entre los valores catastrales y los de mercado. Estas apreciaciones solamente son una de las dificultades que pueden encontrarse en el momento de valorar los bienes amenazados.

Los cálculos indirectos no afinan tanto, porque llegan a emitirse juicios no monetarios. Cuando se analiza la vulnerabilidad con procedimientos matriciales, han de aplicarse unas técnicas de objetivación adecuadas. En el caso anterior se ha resuelto utilizando pesos/valores. De esta manera surgen unas cifras, las cuales nos indican la cantidad de riesgo que pudiera existir en determinado territorio.

Puede decirse que ambos procedimientos tienen su validez, aunque la aproximación económica representa una evolución frente a apreciaciones subjetivas de Bajo, Medio, Alto, o Extremo.

		$I_{z_{ej}} \times V_{ej} = \text{INDICE DE RIESGO}$				
S	M-1	Plat. Continental	1.18	0.06	0.10	Se ha partido del producto de la Peligrasidad por la Vulnerabilidad. Las cifras han sido obtenidas por el procedimiento de pesos/valores. Aun hay que establecer unos rangos de Riesgo, y para ello se utilizará una selección estadística. Se toma el valor medio jerarquizando a partir de ahí:
I	M-2	Plat. submareal	2.86	0.19	0.54	
1	M-3	Plat. intermareal	1.89	0.65	1.22	
	C-1	Playa	2.91	0.65	1.89	
S	C-2	Playa	1.01	1.12	1.13	
I	C-3	Playa	0.53	0.65	0.34	
2	C-4	Dunas	3.97	0.10	0.39	
	C-5	Acantillado	10.17	1.90	19.30	
	C-6	Acantillado	2.52	3.26	8.21	
	C-7	Rasas	10.30	0.39	4.04	
S	F-1	Llanura aluvial	17.43	3.28	57.10	
I	F-2	Terraza fluvial	1.33	0.44	0.58	
3	F-3	Marisma	3.01	3.28	9.87	
	G-1	Cresta	4.21	0.30	1.26	
	G-2	Cresta	1.09	1.12	1.22	
	G-3	Cresta	0.87	1.20	1.01	
S	G-4	Coladas basálticas	2.92	2.18	6.30	
I	G-5	Diapros	1.37	0.22	0.30	
4	G-6	Chevrons	0.97	0.07	0.06	
	G-7	Ladera	0.65	0.86	0.56	
	G-8	Ladera	6.35	1.47	9.33	
	G-9	Ladera	5.61	2.35	13.18	
	G-10	Relieves ondulados	12.43	0.45	5.59	
	A-1	Costa artificial	15.26	1.30	19.83	
	A-2	Escobrera	1.11	2.03	2.25	
S	A-3	Dep. de escorias	0.06	0.66	0.03	
I	A-4	Lodos industriales	0.03	3.40	0.10	
5	A-5	Area urbanizada	17.79	0.34	6.04	
	A-6	Canal de navegación	0.07	0.93	0.06	
	A-7	Escollera	0.97	1.91	1.85	
	A-8	Canteras	0.45	1.44	0.64	

BAJO	MEDIO	ALTO	EXTREMO
0.1 - 5.5	5.6 - 16.5	16.6 - 27.4	27.4 - 57
M-1 M-2 M-3 C-1 G-7 C-2 A-2 C-3 A-3 C-4 A-4 C-7 A-6 F-2 A-7 G-1 A-8 G-2 G-3 G-5 G-6	C-6 F-3 G-4 G-8 G-9 G-10 A-5	C-5 A-1	F-1

Tabla 7: Indices de Riesgo Natural. Agrupación en clases.
(Index of Natural Risks in groups).

Agradecimientos

El autor de este trabajo agradece la atención y comentarios realizados por Antonio Cendrero D.C.I.T.T.Y.M. (Universidad de Cantabria), así como a Francisco Pellicer - Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio (Universidad de Zaragoza). El presente trabajo forma parte del cuerpo teórico de la investigación desarrollada como tesis doctoral, apoyada con una beca del programa BE del Gobierno Vasco en el Estado español.

Referencias bibliográficas

- Aguillo, M. et al.** (1993): *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Contenidos y Metodología*. Segunda edición. Madrid. MOPTMA. 809 p.
- Arriola, A.** (1989): Análisis de Riesgos Naturales en el Area de Bilbao. *Encuentro Internacional Catástrofes y Sociedad*. Madrid. ITSEMAP. Fundación Mapfre. 371 - 389.
- Ayala, F. J. et al.** (1987): *Estudio Geológico para la Previsión de Riesgos por Inundaciones en el País Vasco. Alava, Vizcaya y Condado de Treviño*. E. 1/ 100. 000. Madrid. I.T.G.E. 71p + Anexos.
- Ayala, F. J.** (1990a): Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y aplicación a la definición de tipos de mapas de Riesgos Geológicos. *Boletín Geológico y Minero*. (101-3). Madrid. I.T.G.E. 456- 467.
- Ayala, F. J.** (1990b): Estudio de Riesgos Naturales en la Ciudad de Alcoy. Madrid. I.T.G.E. & Ayuntamiento de Alcoy. 214p + Anexos
- Ayala, F.J.** (1993a): *Los Peligros naturales en España 1991*. Madrid. ITGE. Dirección General de Protección civil (Serie Ingeniería Ambiental). 60p
- Ayala, F.J.** (1993b): *Natural disasters in the world 1991*. Madrid. Technological Institute of Spain. 63p
- Cendrero, A.** (1991): Riesgos Naturales e Impacto Ambiental. *Máster en Educación Ambiental. Programa de Postgrado*. Madrid. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Fundación Universidad-Empresa. 58p.
- Crozier, M.J.** (1986): *Landslides. Causes, consequences and environment*. Washington. Croom-Helm. 225p.
- Danan, Y. M. et al.** (1989): *Procedures et reglementations applicables aux Risques Technologiques et Naturels*. Ministère de L' Environnement. Direction de l' Eau et de la Prévention des Pollutions et des Risques. Délégation aux Risques Majeurs. Le Neully - Paris.
- D'Ercole, R.** (1994): Natural Hazards in the French Indies. An overall view. *Third European Intensive Course on Applied Geomorphology Tropical Regions*. Erasmus Public. 7. ICP- 91/94 - I - 1226/07. Strasbourg. Université Louis Pasteur.
- Ingemisa** (1986): *Estudio de los Riesgos Naturales en Bizkaia. Municipios de Amorebieta, Bermeo e Ibarrengelua*: Fase Piloto. Memoria: vols I - II. y Planos 1/ 5.000. Bilbao Departamento de Ordenación Territorial y Relaciones Institucionales de la Diputación Foral de Bizkaia. (Inédito).
- Laboratoire de Geologie Marine**. Centre Regional d'Etudes Cotieres. Universite de Caen (1992): *Evaluation de la Vulnérabilité des côtes Francaises Metropolitaines aux phénomènes d'érosion et de submersion*. Paris. Synthèse Bibliographique. DRM. 64p + Anexes
- Lugaresaresti, J. I.** (1993a): Estudio Piloto de los Riesgos Naturales en el Puerto Exterior de Bilbao. En *Riesgos Naturales e Impactos Ambientales en la Cuenca de los Ríos Gobeia - Udondo y Sector Litoral. Bizkaia*. (País Vasco). Zaragoza. Departamento de Geografía y O. del Territorio. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Zaragoza. 67 - 91.(Inédito).
- Lugaresaresti, J. I.** (1993b): Riesgos Naturales en el Litoral Occidental de Bizkaia. *Sustrai. Revista Agropesquera.*, 23. Trimestre 3 - 4. Vitoria-Gasteiz. Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno de la Comunidad Autónoma País Vasco. 70 - 72
- Lugaresaresti, J. I. & Saénz, M. A.** (1994): Propuesta de un método para la valoración de Riesgo Natural en áreas urbanas. *Actas del III Congreso Nacional de Geomorfología*. Logroño. Tomo II. 427 - 439.
- Panizza, M.** (1988): *Geomorfologia Applicata*. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d' Impatto Ambientale. Roma. La Nuova Italia Scientifica. 342p.

- Panizza, M. & Piacente, S.** (1993): Geomorphological Assets Evaluation. Z. *Geomorphology N. F.* 87. Berlin - Stuttgart. 13 - 18.
- Republique Française** (1994): *Project de loi, relatif au renforcement de la protection de l'environnement.* n° 462. Paris . Ministère de L'environnement. 24P.
- Tazzief, M. H.** (1983): Délégation aux Risques Majeurs. Rapport Annuel au President de la République. *Journal Officiel de la République Française.* Paris. D.R.M.