

ANEXO

Análises de Riscos do Parque Nacional Marítimo Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia

TÁBOA DE CONTIDOS

1. ANTECEDENTES.....	3
2. O PARQUE NACIONAL MARÍTIMO TERRESTRE DAS ILLAS ATLÁNTICAS DE GALICIA (PNMTIAG).....	3
2.1. Arquipélago de Cíes.....	4
2.2. Arquipélago de Ons.....	4
2.3. Arquipélago de Sálvora.....	4
3. ANÁLISE DE RISCOS.....	5
3.1. Obxectivo da análise de riscos.....	5
3.2. Alcance da análise de riscos.....	6
3.3. Estudo do perigo.....	6
3.4. Estudo da vulnerabilidade.....	9
3.5. Análise de riscos e zonificación.....	13
4. RESULTADOS DA ANÁLISE DE RISCOS.....	15
5. REFERENCIAS.....	16
6. ANEXO 1.....	18

1. ANTECEDENTES

O proxecto ARCOPOLplatform co-financiado pola Unión Europea a través do programa Espacio Atlántico, traballou na mellora da seguridade marítima do espazo Atlántico e no reforzo da protección das rexións costeiras fronte á contaminación marítima a través da capitalización e a actualización dos resultados dos proxectos anteriores ARCOPOL e ARCOPOLplus.

A actividade 3, "Capitalización de resultados de ARCOPOLplus en relación aos plans de continxencia locais" tiñan entre os seus principais obxectivos o estender a elaboración de Plans de Continxencia contra a contaminación mariña accidental ás Áreas Naturais Protexidas e promover o emprego destes Plans de continxencia específicos como unha

ferramenta de administración recomendada dentro da rede internacional de áreas mariñas protexidas.

No caso da Comunidade Autónoma de Galicia a área costeira con maior figura de protección é o Parque Nacional Marítimo-Terrestre de Illas Atlánticas de Galicia (en adiante PNMTIAG) que constitúe un activo fundamental na socio economía galega.

Á hora de desenvolver un plan de continxencias fronte á contaminación mariña accidental, a análise de riscos revélase como unha ferramenta metodolóxica moi útil, que permite avaliar os perigos e identificar os riscos, e proporciona as claves para priorizar as actuacións durante unha emerxencia. Galicia conta cun plan de continxencias por contaminación mariña accidental coñecido como Plan Camgal, encadrado no Sistema Nacional de Resposta e que recolle a organización da resposta fronte a unha continxencia no ámbito da Comunidade Autónoma. O Plan Camgal contén un estudo detallado do risco ao que se enfronta Galicia incluíndo a zona declarada como PNMTIAG. Nembargante, as características peculiares que presenta esta zona polas que ostenta a categoría de Parque Nacional, fan necesario unha análise máis pormenorizada das ameazas de contaminación mariña accidental ás que se enfronta para poder desta maneira estar mellor preparados ante unha continxencia deste tipo. Dita análise levouse a cabo no cadro do proxecto ARCOPOL Platform e está descrito no presente documento.

2. O PARQUE NACIONAL MARÍTIMO TERRESTRE DAS ILLAS ATLÁNTICAS DE GALICIA

O PNMTIAG está formado por un conxunto de catro arquipélagos localizados nas provincias de Pontevedra (arquipélago de Cíes, Ons e Cortegada) e A Coruña (arquipélago de Sálvora), e trátase do único parque nacional da comunidade Autónoma de Galicia. A superficie total protexida é de 8.480 ha, das cales 7.285,2 ha mariñas e 1.194,8 ha corresponden a superficie emerxida.

2.1. Arquipélago de Cíes

O arquipélago de Cíes, na boca da Ría de Vigo, está composto por tres illas: a de Monteagudo ou Norte, a do Faro e a de San Martiño ou Sur. No Alto das Cíes de 197 m., alcánzase a máxima altitude do Parque Nacional. As súas tres illas teñen unhas medidas de entre 1,5 e 3 Km. de longo. As do Faro e Monteagudo están unidos por un dique artificial e a barreira areenta de Rodas, estando a de San Martiño, a máis meridional das 3, separada delas polo Freu dá Porta. Neste arquipélago encontramos praias singulares como a de Figueiras (de tradición nudista), a cala Das cantareiras (de cantos rodados), a praia de Rodas, a praia de Nosa Señora e a praia de San Martiño na Isla Sur. Cabe tamén destacar a presenza dunha pequena lagoa (ou Lago) de auga salgada cun conxunto de características que lle confiren unha especial importancia ecolóxica.

2.2. Arquipélago de Ons

O arquipélago de Ons sitúase á entrada da ría de Pontevedra. Está composto por a Illa de Ons, a Illa de Onza e o illote das Freitasas. A illa de Ons de contorno alongado (5,5 Km por 1,3 Km de anchura máxima) e de relevo sen demasiados altibaixos, presenta unha costa occidental con cantís de suave caída e, do lado oriental, unha costa de zonas rochosas de baixa altura e salpicada de areais, entre os cales destacan a praia e as dunas de Melide, a das Dornas, Area dous Cans e Canexol. O seu punto máis elevado ten 119 m e nel levántase o faro. Ons, aínda poboada, ofrécelle ao visitante as características dun pequeno núcleo rural costeiro. A illa de Onza, de forma arredondada e de contorno principalmente rochoso, a diferenza de Ons, non mantivo ningún núcleo de poboación.

2.3. Arquipélago de Sálvora

O arquipélago de Sálvora encóntrase na entrada da ría de Arousa. Tras anos de pertencer á nobreza actualmente é propiedade pública. A súa illa máis grande é a de Sálvora, con aproximadamente 2,5 Km de longo e 1 Km de ancho. A súa altitude máxima é de 73 metros. A costa oeste é rochosa, mentres que a oeste presenta as praias do Almacén, dous Bois, dous Lagos e Zafra. Completan o arquipélago numerosos illotes como o areento Vionta e as rochosas Sagres.

2.4. Arquipélago de Cortegada

A illa de Cortegada e as Malveiras están localizadas no interior da ría de Arousa, moi preto da costa. Antigamente propiedade da realeza, dende 2007 forma parte do patrimonio público. Cortegada ten unha lonxitude de aproximadamente 1 Km. e unha anchura de preto de 0,5 Km. A súa máxima altura son 19 metros, e é a illa do Parque Nacional que presenta unha maior densidade arbórea.

3. ANÁLISE DE RISCOS.

3.1. Obxectivo da análise de riscos

A análise de riscos plantéxase como unha ferramenta metodolóxica que permita estimar o risco de que, en caso de producirse unha vertedura, esta teña determinadas consecuencias no medio mariño e costeiro do PNMTIAG. Para iso, baséase no estudo de dous factores (ver figura 1):

Perigo: Probabilidade de ocorrencia de accidentes e en consecuencia de verteduras accidentais que supoñan a introdución no medio mariño e costeiro do PNMTIAG de substancias que provoquen ou poidan provocar efectos nocivos.

Vulnerabilidade: Análise do impacto que poden ter esas verteduras no medio mariño e costeiro e sobre as actividades socioeconómicas que se desenvolven no PNMTIAG.

Unha vez estudados tanto o perigo como a vulnerabilidade, o risco se define como o produto de ambos factores. A avaliación e cuantificación do risco de contaminación do litoral do PNMTIAG permitirá:

- Identificar se o risco é tolerable e, en caso contrario, establecer medidas de redución do risco.
- Establecer puntos estratéxicos para as dotacións de medios anticontaminación.
- Diseñar formación específica.
- Integrar todos estes resultados nun Plan de Continxencias específico para o PNMTIAG.

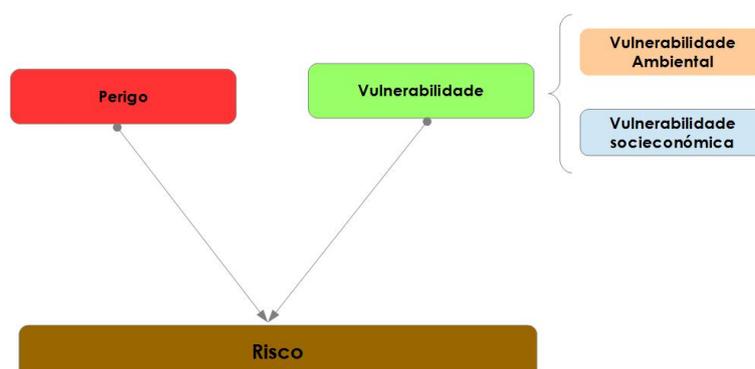


Figura 1. Esquema sintetizado do cálculo do risco.

3.2. Alcance da análise de riscos

Xeograficamente, no ámbito do perigo, analizouse a zona comprendida entre os paralelos 41.81º e 42.79º e os meridianos 8.40º e 8.57ª (ver figura 2), onde se asume que se poden producir os posibles accidentes que poden afectar ao parque nas seguintes 24 horas. No ámbito da vulnerabilidade analizouse o impacto que estas posibles verteduras poden ter no ámbito territorial do PNMTIAG.

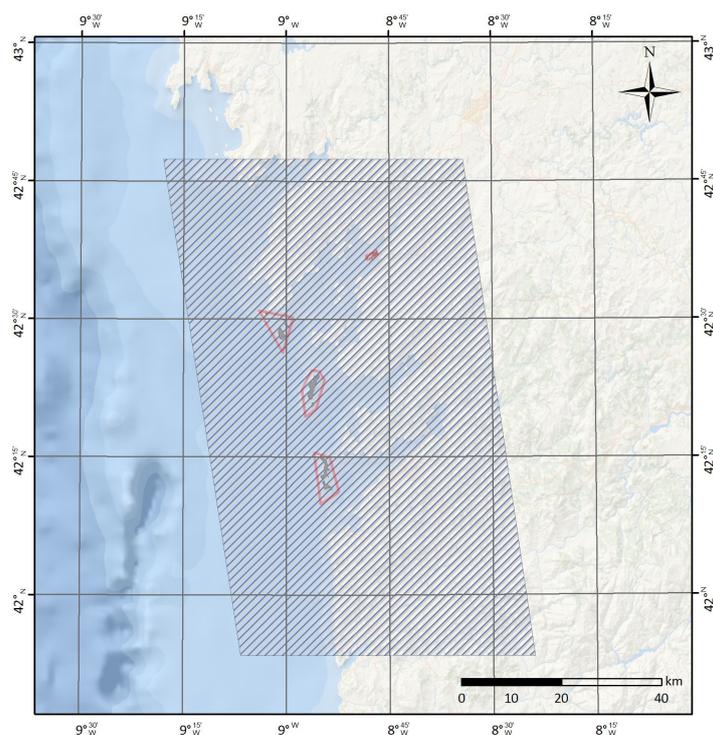


Figura 2. Alcance territorial do análise de riscos.

3.3. Estudo do perigo

O estudo de perigo levado a cabo nesta análise consistiu nos seguintes puntos:

- a) Determinación e caracterización das fontes potenciais de verteduras (focos de perigo).
- b) Caracterización océano-meteorolóxica da zona de estudo.
- c) Estudo das posibles verteduras mediante o uso de modelos de deriva.
- d) Análise dos resultados e zonificación do perigo.

a) Determinación e caracterización dos focos de perigo.

Entendese como foco de perigo toda aquela instalación, ou actividade que poida ser a orixe dunha vertedura cuxa propagación afecte ao litoral do PNMTIAG. Neste análise caracterizáronse por un lado, os focos en terra, sendo todos aqueles que están localizados nun punto estático do litoral, e son susceptibles de provocar unha vertedura dende a terra ao mar. Por outro lado, caracterizáronse os focos marítimos ou móbiles, que son todos aqueles barcos que se encontran en ruta dentro da zona de

estudo e son polo tanto susceptibles de provocar unha vertedura no mar que afecte ao litoral do PNMTIAG.

Para os focos en terra considerouse ca contaminación podía ter orixe en tres focos:

- **Instalacións portuarias:** Malia a adopción de estritos procedementos de boas prácticas operacionais, os derramos de hidrocarburos e doutras substancias potencialmente contaminantes poden acontecer e, dependendo do seu tamaño e localización, poden causar danos tanto materiais coma ambientais fóra do ámbito de responsabilidade do porto. Por esta razón, nesta análise consideráronse como focos xeradores de perigo os portos pertencentes ao ente público "Portos de Galicia" e aqueles portos de interese xeral pertencentes a Portos do Estado que pola súa localización poidan supoñer un perigo para o PNMTIAG.
- **Emisarios, ríos e regatos:** A Lei 8/2001, do 2 de agosto, de protección da calidade das augas das rías de Galicia e de ordenación do servizo público de depuración de augas residuais urbanas (DOG 21-8-2001; BOE 25-9-2001), regula a ordenación do servizo de depuración de augas residuais urbanas. Así mesmo, esta lei pretende a protección da calidade das augas das rías de Galicia mediante o establecemento de obxectivos de calidade e de límites para a emisión de verteduras, así como a ordenación das actividades que puidesen resultar incompatibles coa devandita protección, cuxa instalación requirirá unha especial atención ás esixencias ambientais. Tendo en conta isto, e o feito de que por parte da administración se están a levar a cabo rigorosos controis que garanten o seu cumprimento, pode considerarse que os emisarios, tanto industriais coma urbanos, non representan un risco importante de contaminación. A pesar diso, dado que son puntos de comunicación directa ao mar, tivéronse en conta nesta análise.

- **Instalacións industriais:** Nesta análise consideráronse empresas xeradoras de perigo aquelas que se encontren baixo o obrigado cumprimento do R.D. 1254/1999, do 16 de xullo, polo que se aproban medidas de control dos riscos inherentes aos accidentes nos que interveñan substancias perigosas.

No caso dos focos móbiles tívose en conta o **tráfico marítimo**. O perigo dos barcos en ruta como fontes de contaminación quedou definido polo volume de tráfico nos corredores marítimos existentes nas proximidades do litoral da Comunidade Autónoma de Galicia. O máis relevante cunha media de 40.000 buques identificados anualmente, deles máis de 14.000 portando materiais perigosos, é o Dispositivo de Separación de Tráfico de Fisterra. Ademais, a frota pesqueira galega que faena na zona e que entra e sae dos portos situados na comunidade supoñe tamén un perigo potencial de provocar unha vertedura.

Para a identificación do tráfico de buques que circulan no ámbito desta análise, empregáronse datos dun ano de AIS (Automatic Identification System) facilitados pola base de datos da empresa DataVoice S.A. que mantén o portal www.localizatodo.com.

b) Clasificación da perigosidade dos posibles derramos

Para estimar a perigosidade dos posibles derramos, clasificouse cada foco segundo o seu perigo. Para isto, tívose en conta a gravidade do posible derrame en base ás sustancias presentes no foco. Así, os focos en terra foron clasificados en tres categorías, cun Índice de Perigo (IP) crecente de 1 a 3. En canto que o perigo procedente do mar, a partir dos datos de AIS, clasificáronse os buques en base ao seu tamaño e carga, dando lugar a 4 categorías cun Índice de Perigo (IP) crecente de 1 a 4.

Tanto para analizar os perigos de tipo terra-mar como mar-mar, creáronse dúas mallas da zona de estudo de 75 m de resolución onde cada celda da malla toma un valor de perigo en base a suma de todos os valores de IP que contén dentro. Una vez obtido o

sumatorio de IP, estes valores foron optimizados en 5 intervalos mediante a técnica "Natural Breaks", así as celdas da malla terán un IP entre 1 e 5.

Para poder comparar as dúas mallas (IP de terra-mar e mar-mar) creouse unha matriz de equivalencia entre estes dous tipos de perigo en base as medidas de control e resposta que se empregarían nun ou noutro tipo, así como as diferencias na metodoloxía e dificultade nesta resposta.

Unha vez obtidas as dúas mallas de IP equivalentes, procedeuse a integración nunha soa, xa que a resposta ante un fenómeno de contaminación, e por tanto o obxectivo da análise de risco, vai a ser única. Para elo tívose en conta que os datos históricos de accidentes que provocaron un episodio de contaminación mariña accidental, aportados polo Servizo de Gardacostas de Galicia (Período comprendido entre 2007-2010), revélanos que o 70% dos derrames acontecidos no ámbito do estudo de esta análise teñen a súa orixe nas instalacións en terra, en canto que só o 30% proceden do mar.

Así o valor de cada celda da malla integrada é obtido segundo a seguinte ecuación :

$$\text{IP malla integrada} = ((\sum \text{IP malla en mar}) * 0.30) + ((\sum \text{IP malla en terra}) * 0.70).$$

Finalmente, os valores da malla integrada foron optimizados en intervalos de perigo crecente de 1 a 5 mediante a técnica de "Geometrical Intervals" de ArcGis.

c) Estudo das posibles derivas da vertedura

O hidrocarburo ademais de sufrir determinados procesos físicos, químicos e biolóxicos, como a evaporación, emulsión, sedimentación, etc., transportase polas capas máis superficiais do mar debido principalmente ao movemento destas e o efecto do vento sobre a parte de hidrocarburo exposto. Os forzamentos principais da capa superficial do mar a curto prazo (<24 h) e na zona de estudo son a marea e o vento, e en menor

medida a ondada, a circulación oceánica xeral e a distribución de temperatura e salinidade da auga.

Polo tanto, para realizar o estudo probabilístico do transporte das sustancias na zona de estudo, débense primeiramente determinar as situacións meteorolóxicas típicas e, a partir de estas, obter os correspondentes campos de vento a alta resolución coa súa probabilidade de ocorrencia. Estes campos xunto coas correntes inducida pola marea, forzarán os modelos de transporte calculando así o comportamento das sustancias para cada situación.

No Anexo 1 explícase a metodoloxía empregada na análise de derivas.

d) Zonificación do perigo

Unha vez realizado o estudo probabilístico das derivas potenciais (apartado 3.3c), esta información cruzouse coa información obtida no estudo dos focos de perigo (apartado 3.3.b) obténdose deste xeito os mapas de perigo que permiten coñecer que zonas do territorio do PNMTIAG, tanto da costa coma do mar, son as que están máis expostas ao perigo derivado dunha vertedura accidental.

3.4. Estudo da vulnerabilidade

O obxectivo deste estudo de vulnerabilidade é determinar que elementos do territorio do PNMTIAG son máis susceptibles ante o perigo dunha posible contaminación mariña accidental. Esta catalogación é necesaria de cara a priorizar as actuacións en caso dunha continxencia derivada por contaminación mariña accidental.

Para a clasificación dos elementos vulnerables seguíronse dous criterios principais. Por un lado, valóranse aqueles elementos cuxa vulnerabilidade ten un carácter ambiental e por outro lado aqueles elementos marcados por un carácter socioeconómico. Para cada un dos elementos vulnerables estableceuse un índice de Vulnerabilidade (de 1 a 5, de menor a maior) en función da susceptibilidade a sufrir dano de cada un deles.

A clasificación xeral de todos os elementos valorados nesta análise pódese consultar no seguinte esquema:

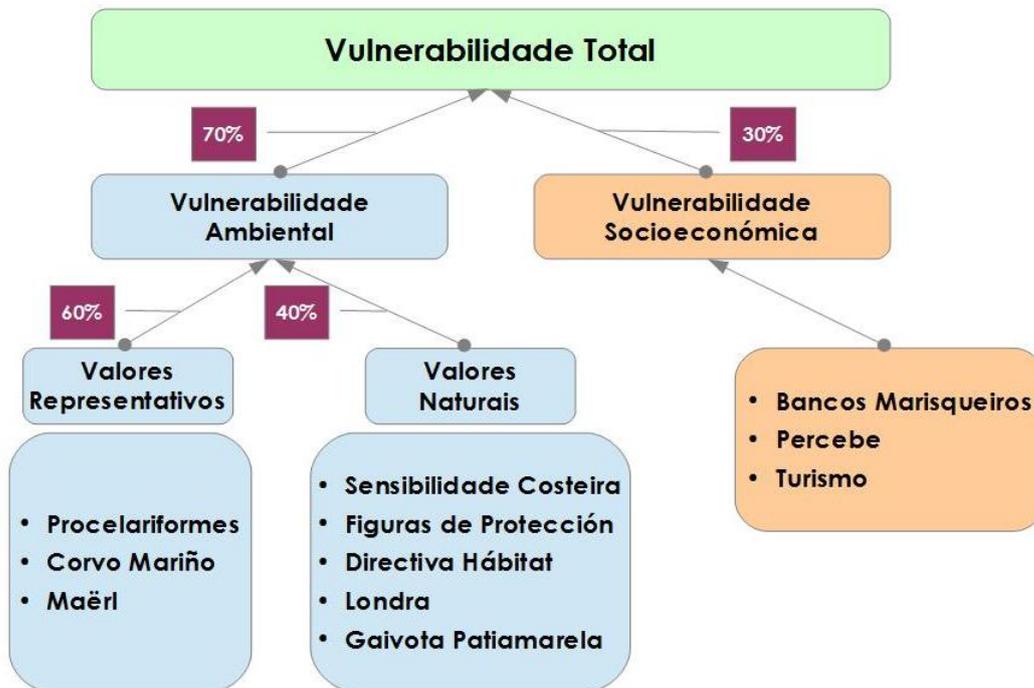


Figura 3.- Esquema do cálculo da vulnerabilidade

a) Cálculo da vulnerabilidade ambiental

Para o cálculo da vulnerabilidade ambiental do PNMTIAG realizouse a ponderación de dous criterios. Por un lado valoráronse aqueles elementos que lle outorgan ao PNMTIAG certa singularidade fronte a outros espazos naturais, criterio que supón un 70% do valor final da vulnerabilidade ambiental. Por outro lado valoráronse aqueles elementos que, malia non se considerar tan representativos do parque, sen dúbida presentan un alto valor ecolóxico e contribuíron á declaración deste importante espazo natural como Parque Nacional (Lei 15/2002 de declaración do Parque Nacional) (Figura 3).

b) Vulnerabilidade dos valores representativos

Para obter este índice de vulnerabilidade consideráronse tres elementos que se describen a continuación:

- o **Procenariformes:** As Illas que compoñen el PNMTIAG constitúen un refuxio de alimentación e cría fundamental para este importante grupo de aves mariñas

peláxicas. Por esta razón, este grupo de organismos constitúe unha prioridade fundamental en canto á conservación medioambiental deste ecosistema. Para a valoración da vulnerabilidade do PNMTIAG atendendo a este grupo de aves mariñas tívose en conta por un lado, a distribución das zonas de nidificación das distintas especies presentes no PNMTIAG e a súa densidade (níños/Km de costa).

- o **Corvo mariño:** Este procelariforme tratouse como un elemento independente por o seu interese intrínseco no Parque Nacional. O corvo mariño (*Phalacrocorax aristotelis*) é quizais o vertebrado máis importante do Parque Nacional. A poboación do PNMTIAG representa máis do 80% da poboación Ibérica da especie e máis do 1% da poboación mundial, e constitúe, case con seguridade, a colonia de cría máis importante de toda Europa e un bo indicador da riqueza e produtividade das augas do parque. A súa relevancia en conservación é evidente. Esta especie sufriu un forte declive na última década (40% de redución en menos dunha xeración, debido probablemente ás artes de enmalle. Para a valoración da vulnerabilidade do PNMTIAG atendendo a esta especie tívose en conta, igual que para o resto dos procelariformes, a distribución das zonas de nidificación das distintas especies presentes no PNMTIAG e a súa densidade (níños/Km de costa), e por outro lado, a distribución das zonas de alimentación que utilizan.
- o **Fondos de Maërl:** Os fondos sedimentarios submarinos constitúen unha das prioridades en conservación do PNMTIAG. Tendo en conta a información dispoñible sobre a biodiversidade deste ecosistema no PNMTIAG, considerouse convinte dar relevancia e prioridade aos fondos de Maërl, un elemento que se considera o máis importante e mellor coñecido dos presentes no fondo sedimentario do parque. Trátase de algas calcáreas de vida libre (non sésiles) e de crecemento lento constituídas basicamente por dúas especies: *Phymatolithon calcareum* e *Lithothamnion corallioides*. Estes fondos son dunha importancia fundamental xa que forman hábitats tridimensionais que albergan unha gran diversidade de especies, entre elas moitos bivalvos e peixes con

interese comercial e medioambiental. Actualmente, os fondos de Maërl están en declive pola presión antropoxénica. Malia que na lexislación vixente non presentan medidas de protección, a súa importancia ecolóxica, unida á vulnerabilidade ante certos factores como a contaminación que aquí se trata, crea a necesidade de establecer a súa conservación como unha prioridade.

c) Vulnerabilidade dos valores naturais

Para obter este índice de vulnerabilidade consideráronse cinco elementos, todos co mesmo peso, que se describen a continuación:

- **Sensibilidade costeira:** Para facer fronte ás verteduras accidentais expertos da NOAA desenvolveron en 1979 o índice de sensibilidade ambiental (ESI). Segundo o ESI Guidelines (versión 3.0 NOAA 2002), a sensibilidade dun hábitat intermareal dependerá de varios factores como: exposición relativa á ondada, pendente da liña de costa, tipo de substrato e produtividade biolóxica. Para avaliar a vulnerabilidade da costa do parque sobre a base deste criterio tívose en conta por un lado este índice de sensibilidade costeira e por outro lado o ranking de sensibilidade dos diferentes ecosistemas proposto pola Comisión Europea no Impact Reference System (Jacques, Sullivan & Donnay, 1996).
- **Figuras de protección:** Existen outros espazos naturais que comparten os seus límites co do Parque Nacional en parte ou en toda a súa extensión. No ámbito internacional, destaca a Área Mariña Protexida OSPAR co mesmo nome que o Parque Nacional, coincidindo totalmente nos seus límites con este, sendo ademais a primeira área deste tipo rexistrada en España que ten como principal obxectivo a prevención e a loita contra a contaminación mariña. Entre os espazos da Rede Natura 2000 incluídos ou que intersectan co Parque Nacional encóntranse dúas *Zonas de especial Protección para as Aves* (ZEPA), Illa de Ons e Illas Cíes, e 3 *Zonas Especiais de Conservación* (ZEC), Complexo húmido de Corrubedo, Complexo Ons-O Grove e Illas Cíes. Esta tipoloxía de espazos ten como obxectivos o mantemento nun estado de conservación favorable dos hábitats e espazos de interese comunitario así como a protección das aves con

especial atención aos seus fluxos migratorios. Entre os espazos protexidos no ámbito estatal e galego que comparten límites co Parque Nacional, se tiveron en conta tamén as Zonas de Especial Protección dos Valores Naturais (ZEPVN) que coinciden cos espazos da Rede Natura 2000 anteriormente citados (Illas de Ons, Illas Cíes, Complexo húmido de Corrubedo e Complexo Ons-O Grove), declarados como espazos naturais protexidos de acordo coa lexislación galega a través do Decreto 72/2004. Á hora de valorar a vulnerabilidade sobre a base da presenza das diferentes figuras de protección tívose en conta a intersección de todas elas dentro dos límites do parque.

- **Directiva Hábitat:** Para valorar a vulnerabilidade baixo este criterio catalóganse os Hábitats incluídos no Anexo I da Directiva Hábitat (DC 92/43/CEE). No ámbito territorial PNMTIAG puideron ser identificados un total de 34 hábitats de Interese comunitario, é dicir, aqueles que no contexto da Unión Europea se encontran ameazados de desaparición, presentan unha área natural reducida ou constitúen exemplo representativos de características típicas dalgunha rexión bioxeográfica de Europa. De entre estes 34 tipos de hábitat, 7 son catalogados na DC 92/43/CEE como Hábitats naturais prioritarios, os cales se definen por ser tipos de hábitats europeos ameazados de desaparición, cuxa conservación supón unha especial responsabilidade para a Comunidade, tendo en conta a importancia da proporción da súa área de distribución natural.
- **Londra:** A londra (*Lutra lutra*) está considerada de "interese especial" polo Catalogo Nacional de Especies Ameazadas. Pola súa banda a Directiva Hábitats (92/43/CEE) inclúea nos anexos II e IV, correspondentes respectivamente ás "especies animais e vexetais de interese comunitario. Para valorar a vulnerabilidade sobre a base deste criterio tívose en conta a existencia ou non de sinais de presenza desta especie nas costas do parque.
- **Gaivota patiamarela:** A gaivota patiamarela (*Larus michahellis*) é a especie de gaivota dominante e mellor coñecida nas augas do parque, e sen dúbida algunha, a ave máis abundante, albergando estas Illas case unha cuarta parte da poboación española. A enorme colonia de gaivotas nidificantes do Parque

inclúe tamén algunhas parellas de gaivota sombría (*L. fuscus*), gaivota reidora (*L. ridibundus*), gaivota enana (*Larus minutus*), gaivota tridáctila (*Rissa tridactyla*) o gaivota cabecinegra (*L. melanocephalus*). Para valorar a vulnerabilidade sobre a base deste criterio tívose en conta a densidade de niños nas costas do parque.

d) Cálculo da vulnerabilidade socioeconómica

Para obter este índice de vulnerabilidade, consideráronse dous elementos, ambos os dous co mesmo peso, que se describen a continuación:

- **Presenza de bancos marisqueiros e de percebe:** Os fondos mariños das Illas Atlánticas albergan unha gran riqueza que contribuíu a soste as poboacións humanas próximas a elas a través da pesca e o marisqueo. Foi esta, na maioría dos casos, unha pesca artesanal, a pequena escala e máis respectuosa co medio ca industrial, xa que as capturas son máis reducidas e selectivas. Para valorar a vulnerabilidade do PNMTIAG sobre a base deste criterio seguiu a mesma metodoloxía empregada na Análise de Riscos do Plan Camgal (http://www.intecmar.gal/PDFs/Camgal/Anexo%20II_2_parte_1de2.pdf).
- **Actividades Turísticas:** O grande atractivo das paisaxes do Parque Nacional das Illas Atlánticas fixo deste un dos principais obxectivos turísticos de Galicia. A popularidade incrementouse dende a declaración de Parque, especialmente fóra da Comunidade Autónoma. Esta grande afluencia de visitantes proporciona oportunidades para o desenvolvemento socioeconómico tanto do parque coma da súa área de influencia. Para valorar a vulnerabilidade das actividades turísticas no parque tivéronse en conta os datos de afluencia de visitantes ao PNMTIAG (período 2011-2014). Estes datos son recollidos polo persoal do parque quen recolle a afluencia ao parque a través de transporte público (datos de navieiras) e transporte privado (embarcacións privadas, motos de auga e kaiaks. Estímase unha media de 4 persoas/embarcación privada e unha por cada moto de auga ou kaiak).

e) Vulnerabilidade total do PNMTIAG

Unha vez calculadas a vulnerabilidade ambiental e a vulnerabilidade socioeconómica ambas as dúas intégranse de xeito ponderado, con pesos do 70% e 30% respectivamente, para dar lugar á vulnerabilidade do PNMTIAG fronte a verteduras accidentais (Figura 3).

3.5. Análise do risco e zonificación do territorio

Unha vez determinado o perigo (apartado 3.3d) e a vulnerabilidade (apartado 3.4e) dentro do territorio do PNMTIAG, procedeuse a determinar o risco de cada tramo. Para isto emprégase a seguinte matriz:

RISCO	Perigo				
Vulnerabilidade da costa	Moi baixa	Baixa	Moderada	Alta	Moi alta
Moi baixa	Moi baixo				
Baixa		Baixo			
Moderada			Moderado		
Alta				Alto	
Moi alta					Moi alto

Táboa 1. Categorización do risco en función do perigo de vertedura e da vulnerabilidade da costa do PNMTIAG.

4. RESULTADOS DA ANÁLISE DE RISCOS

Os resultados das análises descritas neste documento amósanse en formato de mapas no seguinte enlace:

<http://mapas.intecmar.gal/illasatlanticas>

Estes mapas están ordenados segundo a seguinte clasificación:

1. Mapas mensuais de perigo ás 6, 12 e 24 horas da vertedura
2. Mapas anuais de perigo ás 6, 12 e 24 horas da vertedura
3. Mapas da vulnerabilidade parcial medioambiental dos valores representativos
 - a. Procelariformes
 - b. Corvo mariño(alimentación e niños)
 - c. Fondos de Maërl
4. Mapas da vulnerabilidade parcial medioambiental dos valores naturais
 - a. Índice de sensibilidade ambiental (ESI)
 - b. Figuras de protección medioambiental
 - c. Directiva Hábitat
 - d. Londra
 - e. Gaivota patiamarela
5. Mapas da vulnerabilidade parcial socioeconómica
 - a. Marisqueo
 - b. Percebe
 - c. Turismo
6. Mapas da vulnerabilidade total
7. Mapas de Risco (categorizado segundo a Táboa 1)
 - a. Mapas mensuais de risco ás 6, 12 e 24 horas da vertedura
 - b. Mapas anuais de risco ás 6, 12 e 24 horas da vertedura

5. REFERENCIAS

- Guía básica de AVES MARINAS del Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia y de las Rías Baixas. Nacho Munilla. 2015
- Censo da población reproductora de corvo mariño cristado (*Phalacrocorax aristotelis*), gaivota patiamarela (*Larus michahellis*), gaivota escura (*Larus fuscus*) e gaivotón (*Larus marinus*) no Parque Nacional Marítimo Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia. Álvaro Barros. 2015.
- Informe de uso público do Parque Nacional Marítimo Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia (Anos 2012-2014). PNMTIAG. 2015.
- Informe final del servicio de seguimiento de comunidades biológicas en la zona intermareal y submareal del PNMTIAG. Bioimaxe servicios marinos. 2014.
- Servizo de Seguimento dos hábitats costeiros e terrestres. USC. Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural. IBADER. 2012.
- Estudio de la biodiversidad del medio marino y control y planificación de la zona OSPAR del Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Illas Atlánticas de Galicia. Centro de Investigaciones Submarinas, SL. 2011
- Informes de parte diario de actividades (anos 2007- 2010). Subdirección Xeral De Gardacostas de Galicia. 2010.
- Evaluación de la capacidad de carga del Parque Nacional Marítimo-Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia. USC. Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural. 2009
- Plan de Conservación del Cormorán moñudo en el parque Nacional de las Islas Atlánticas. Alberto Velando, Ignacio Munilla. 2008.
- El visón americano (*Mustela vison*) y la nutria (*Lutra lutra*) en la isla de Sálvora. Rafael Romero Suances. 2007
- Estudio de la población de aves invernantes y/o nidificantes del Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia (enero 2004-enero 2005). Arcea. 2005.
- Polyscale: A guide, reference system and scale for quantifying and assessing coastal pollution and clean-up operations in oil-polluted coastal zones. Brussels,

Belgium: European Commission, Office for Official Publications of the European Communities; May 29; ISBN-10: 9282818152. Jacques, T.G.; O'Sullivan, A.J.; E Donnay, E. 1996.

5.1. Report Series:

- IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association):
 - V1. Directrices sobre las consecuencias biológicas de la contaminación por hidrocarburos.
 - V2. A Guide to contingency planning for oil spills on water.
 - V6. Biological impacts of oil pollution: Saltmarshes.
 - V7. Biological impacts of oil pollution: Rocky shores.
 - V8. Biological impacts of oil pollution: Fisheries.
 - V9. Biological impacts of oil pollution: Sedimentary shores.

- IMO (International Maritime Organization) /IPIECA:
 - V1. Sensitivity mapping for oil spill response.

5.2. Páginas Web consultadas:

- <http://www.ipieca.org>.
- <http://www.imo.org/Pages/home.aspx>
- <http://www.response.restoration.noaa.gov/oilaid/ISB>.
- <http://www.rempec.org>.
- <http://www.magrama.es/>.
- <http://www.puertos.es>
- <http://www.localizatodo.com/mapa/>
- <http://www.portosdegalicia.es/>
- <http://www.cmati.xunta.es/porta/jsp/index.jsp>
- <http://economiaeindustria.xunta.es/portada>

- <http://www.pescadegalicia.com>.
- <http://www.parquenacionalillasatlanticas.com/index.php?lang=es>.
- <http://www.turgalicia.es>.



ANEXO 1

Análisis del peligro al que está sometido el Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Illas Atlánticas por un vertido accidental de hidrocarburos

1. <u>Resumen.....</u>	<u>19</u>
2. <u>Clasificación Climática.....</u>	<u>20</u>
2.1. <u>Resultados.....</u>	<u>30</u>
3. <u>Modelado numérico.....</u>	<u>34</u>
4. <u>Análisis estadístico.....</u>	<u>40</u>
5. <u>Resultados.....</u>	<u>44</u>

1. RESUMEN

Los vertidos accidentales de hidrocarburos en el ámbito marino, en especial en entornos protegidos como son los pertenecientes al Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas, siguen siendo un problema evidente a pesar de los esfuerzos destinados a la mejora en las condiciones de seguridad del transporte marítimo y a la implementación de planes de contingencia tanto a nivel público, como privado.

Para el desarrollo de una buena estrategia de prevención y minimización de las posibles consecuencias de un vertido, es fundamental disponer con anterioridad de información sobre el comportamiento más probable que tendrá ese derrame en función de las condiciones meteorológicas y oceanográficas más habituales en la zona.

El objetivo de este trabajo es determinar qué zonas costeras y marítimas son las que suponen un mayor peligro para que un vertido accidental alcance al Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas y que puntos del Parque son los más expuestos a sufrir las consecuencias de un vertido.

Este trabajo está encuadrado en el Proyecto ARCOPOL y ayudará a estar más preparado en caso de que se produzca un accidente en las inmediaciones del Parque.

Este estudio se estructura en tres etapas. El primer e imprescindible paso, es conocer las situaciones océano – meteorológicas de la zona de estudio. Recopilar todos los días de los últimos 15-20 años y trabajar con ellos es una ardua tarea, por ello, se procedió a agrupar las distintas situaciones meteorológicas en diversos subconjuntos, de los cuales se seleccionarían varios días tipo. El segundo paso es simular las condiciones océano-meteorológicas de esos días tipo con gran detalle y con esos datos ejecutar el modelo de dispersión de contaminantes. Para ello se seleccionan múltiples puntos en el Parque desde los que, en modo backtracking, y en distintos recorridos de marea se simula el comportamiento inverso de un vertido, con el objetivo de conocer desde que zonas próximas, y en distintos intervalos horarios, llegaría un vertido a cada uno de

esos puntos. El tercero de los pasos, implica analizar estadísticamente todas estas simulaciones y poder calcular la probabilidad de que un vertido alcance el Parque, tanto desde costa como desde las zonas marítimas próximas, así como el tiempo que tardaría en hacerlo y qué zonas del Parque están más expuestas a soportarlo.

2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Las condiciones océano-meteorológicas en el momento y el lugar en el que tiene lugar un vertido marino de hidrocarburos y la posterior evolución de éstas, son el principal forzamiento en el transporte y dispersión del mismo.

De esta manera, podemos afirmar que una adecuada caracterización de las diferentes situaciones océano-meteorológicas, de la frecuencia de aparición de las mismas y de su distribución en distintas épocas del año, supone un elemento fundamental de cara a elaborar una herramienta genérica que permita evaluar de manera rápida y sencilla los riesgos por contaminación en áreas vulnerables.

Teniendo en cuenta que de entre dichos forzamientos, en buena parte de las situaciones y para los tipos de hidrocarburos más frecuentes, el viento supondrá la mayor contribución al movimiento del vertido, en este trabajo se propone hacer especial hincapié en la clasificación de las situaciones asociadas al viento en superficie sobre el mar en el área de estudio. Así, una vez caracterizadas las distintas situaciones de viento y asociadas éstas, y sus frecuencias de aparición, a un conjunto de días tipo, será posible en las siguientes fases de este proyecto realizar una adecuada simulación completa del sistema atmosférico.

La metodología propuesta consta, para cada una de las áreas de estudio, de las etapas que se detallan a continuación

- A. Selección de los datos disponibles: variables y puntos de estudio
- B. Reducción de la dimensionalidad del problema: análisis de componentes principales (PCA)
- C. Clasificación climática: análisis “clúster”

1. Selección de datos disponibles

La primera de las tareas a abordar dentro de esta clasificación climática supuso valorar la adecuación de diferentes fuentes de datos a los objetivos del mismo. De forma que había que buscar un conjunto de datos con una distribución espacial (número de puntos) suficientemente numeroso para caracterizar las áreas de estudio y con un conjunto de variables capaces de caracterizar el viento en la zona de interés.

En este sentido se valoraron las siguientes fuentes de datos:

- Estaciones de superficie (tierra) y boyas (mar)
- Datos de satélite
- Reanálisis de modelos globales

Para los dos primeros se encontraron los siguientes inconvenientes:

- Escasez de datos de superficie sobre el mar
- Representatividad limitada de los datos sobre tierra para caracterizar el viento local en las zonas de interés
- Huecos en las series temporales de datos (más acusados en las boyas y en los datos de satélite)
- Validez limitada de los datos de satélite en las zonas más próximas a costa

De manera que finalmente, por las características del estudio, se optó por emplear los datos provenientes de reanálisis de modelos globales. Se valoró el emplear los reanálisis del modelo global GFS (del NCEP estadounidense) y los del modelo IFS (del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio, el ECWMF). En ambos casos la accesibilidad de los datos era amplia así como la longitud de las series, por lo que se decidió optar por los datos del periodo 1985-2014 incluidos dentro del reanálisis ERA Interim del ECMWF.

El reanálisis ERA Interim, utiliza los datos de observaciones atmosféricas (estaciones de superficie, radiosondeos, satélites, radares, etc.) para generar una representación de las situaciones meteorológicas reales compatibles con la rejilla de 0.75º de resolución

horizontal del modelo numérico IFS del ECMWF, considerado como el mejor modelo meteorológico global y con el sistema de asimilación de datos más completo. El ERA Interim es el producto de reanálisis más reciente del ECMWF, cubriendo el periodo desde 1985 hasta la actualidad, y cuyos datos están disponibles bajo una licencia del propio ECMWF que permite tanto su uso para investigación como su uso comercial.

Una vez seleccionada la fuente de datos, y al tratarse de valores en una malla regular, en este caso de resolución horizontal de 0.75° , faltaba seleccionar los puntos concretos de estudio, así como las variables a incluir en el mismo.

En cuanto a la distribución espacial de los puntos, se optó por seleccionar un punto “central” próximo al área de estudio y cuatro puntos alrededor del mismo de manera que cubriesen adecuadamente tanto el área de interés como las zonas en las que se podrían localizar los posibles vertidos de hidrocarburos, tal y como se muestra en la Figura 2.1.

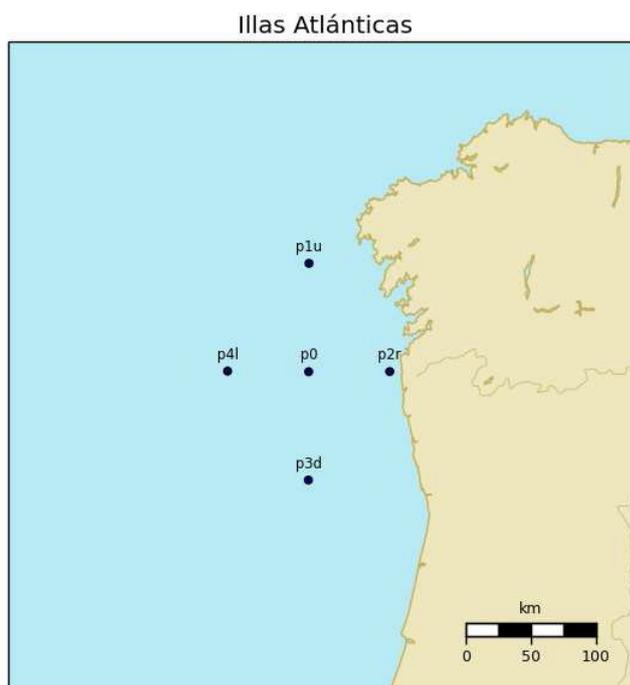


Figura 2.1: Distribución espacial de los puntos de estudio. Distancias al centro: 0.75° en horizontal y 1.5° en vertical

Finalmente, en cuanto a las variables de estudio se decidió emplear en cada uno de los 5 puntos el viento superficial (separado en sus componentes zonal, u , y meridional, v) y

el viento geostrófico (también separado en ambas componentes), como una medida derivada del gradiente de presión superficial. Para recoger en el estudio la variabilidad temporal de estas variables se consideró el uso de los datos correspondientes a las 00h, 12h, 24 y 36 UTC, con el propósito de clasificar posibles comportamientos de un vertido en las próximas 24 horas, ocurriendo este en cualquier momento del día de estudio.

De esta forma, tenemos un problema con 80 dimensiones. 5 puntos, 4 variables en 4 instantes de tiempo distintos.

2. Reducción de la dimensionalidad: PCA

Según lo descrito en el apartado anterior, tendríamos 80 variables de estudio. Este, es un conjunto adecuado de variables para realizar la caracterización climática del viento en la zona pero resulta evidente que el trabajo de clasificación de los puntos localizados en el espacio definido por estas 80 “coordenadas” podría simplificarse si consiguiésemos analizar adecuadamente las redundancias en los datos, reducir la dimensionalidad de los mismos y llegar por tanto a un nuevo conjunto de datos igualmente representativo.

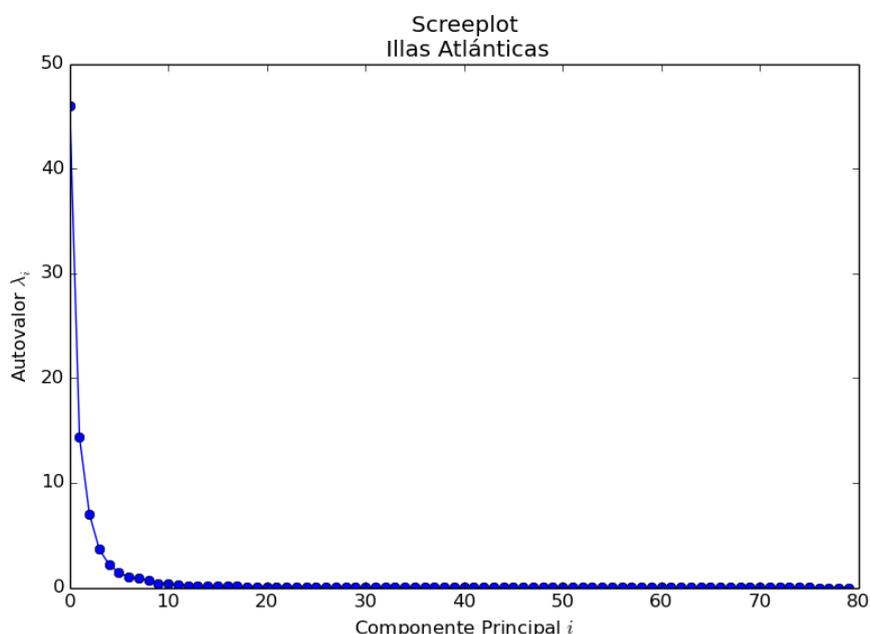


Figura 2.2: Autovalores calculados para el área de estudio.

Para ello se optó por realizar un análisis de componentes principales, una técnica consistente en generar un nuevo conjunto de variables obtenidas cada una de ellas como una combinación lineal de las 80 variables de origen, es decir:

$$C_{Pi} = a_{1i} * \text{var1} + a_{2i} * \text{var2} + a_{3i} * \text{var3} + \dots + a_{80i} * \text{var80}$$

El análisis de componentes principales (PCA) busca obtener estas nuevas variables (C_{Pi}) calculando sus coeficientes (a_i) de manera que la primera componente principal explique la mayor parte de la variabilidad de los datos de origen, la segunda componente principal sería la siguiente en explicar la variabilidad de los datos de origen, y así sucesivamente. Para ello la técnica de PCA lo que hace es diagonalizar la matriz de covarianzas de las variables de origen, lo que formalmente da lugar a un nuevo sistema de coordenadas (las componentes principales) con tantas dimensiones como el original (80, en este caso), y con las características anteriores. Para realizar dicha diagonalización se calculan los autovectores y autovalores de la matriz de covarianzas, siendo precisamente estos últimos (autovectores) los que configuran la matriz de cambio de coordenadas entre las variables originales y las componentes principales.

Lo realmente relevante de este análisis es que permite “concentrar” la mayor parte de la variabilidad de los datos de origen en tan sólo unas pocas componentes principales, de manera que se puedan obviar las demás, facilitando por tanto la clasificación climática al pasar de un conjunto de datos con 80 dimensiones a un conjunto de datos prácticamente equivalente con tan sólo 3, 4 ó 5 variables, por ejemplo.

Para esta técnica de reducción de la dimensionalidad existen diferentes criterios para escoger el número de componentes principales con el que quedarse. La mayor parte de estos criterios tienen cierta componente subjetiva en la selección definitiva del número de componentes principales a mantener, y prácticamente todos ellos se basan en el hecho de que cada uno de los autovalores calculados está íntimamente relacionado con la varianza explicada por la componente principal correspondiente.

En este trabajo se empleó una técnica gráfica, “la regla del codo” con el gráfico de sedimentación (“screeplot”), junto a una técnica cuantitativa al escoger un valor de corte para la varianza explicada. La “regla del codo” requiere de encontrar el “codo” en una gráfica, como la mostrada en la figura 2, en la que se representan los autovalores en orden descendente. Para ello se ajustan a una recta los valores más pequeños, y se seleccionarían las componentes principales cuyos autovalores quedasen por encima de dicha recta.

Por otra parte el valor relativo de cada autovalor respecto de la suma de todos ellos nos da una estimación de la varianza explicada por la componente principal correspondiente. Comúnmente se suele considerar un 75% de la varianza como un valor de corte aceptable, aunque en este caso, se estimó que una varianza alrededor del 90% sería deseable, como se puede ver en el ejemplo de la figura 2.3.

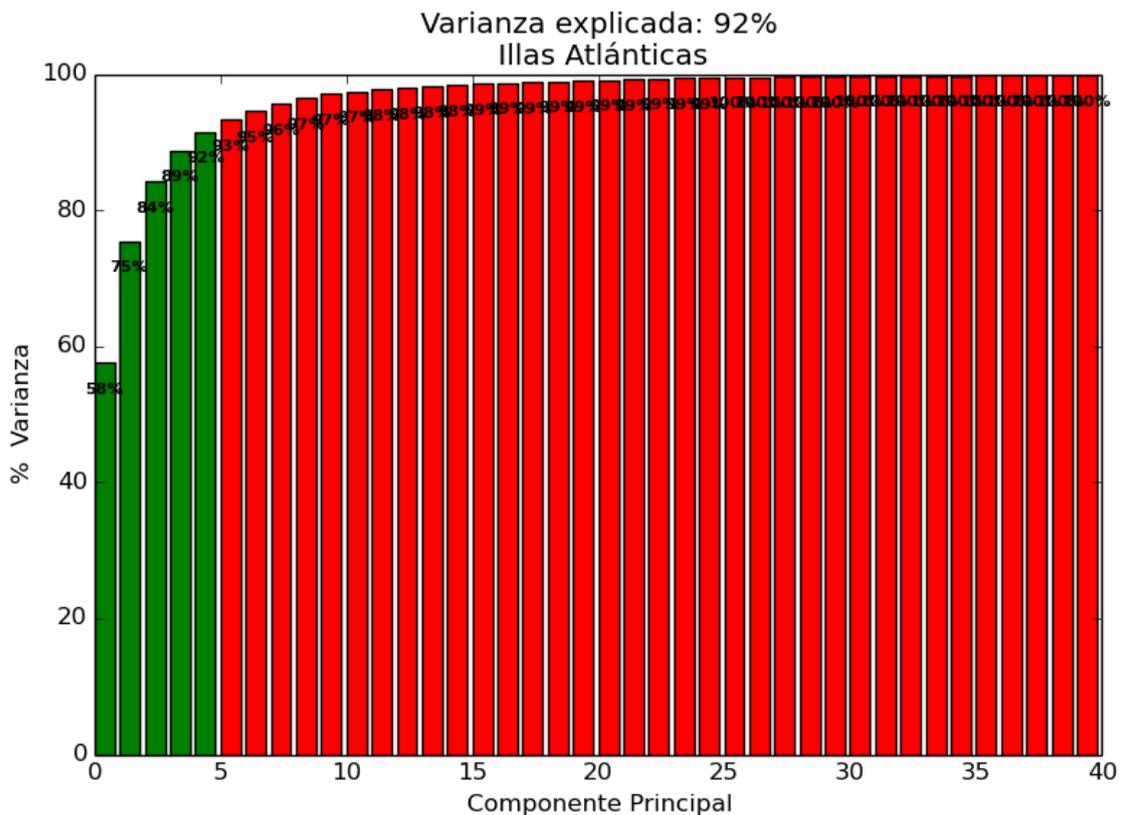


Figura 2.3: Varianza explicada por las distintas componentes principales del estudio. Con las 5 primeras dimensiones se explica el 92% de los casos.

Obteniendo de esta forma que las 5 primeras componentes principales explican el 92% de la varianza total.

Además, las 2 primeras componentes principales ya explican ese 75% por lo que una representación 2D en esa base de coordenadas, como vemos en la figura 2.4, nos aporta una buena representación gráfica de estas agrupaciones.

Además, si representamos el módulo y dirección de todos los días entre 2012 y 2014 vemos gráficamente como su agrupación en clústeres tiene una relación lógica.

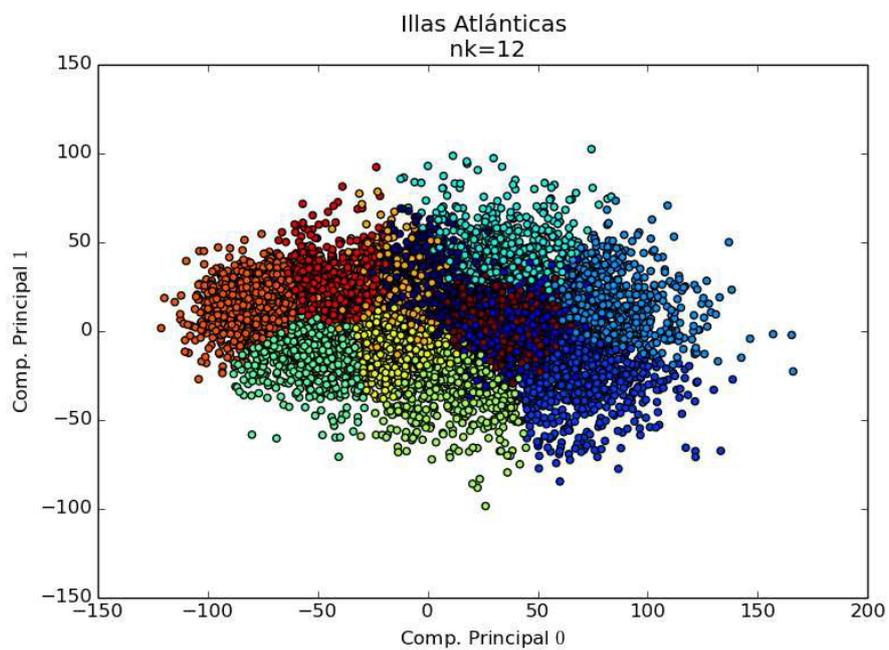


Figura 2.4.- Configuración 2D de las 2 primeras componentes principales

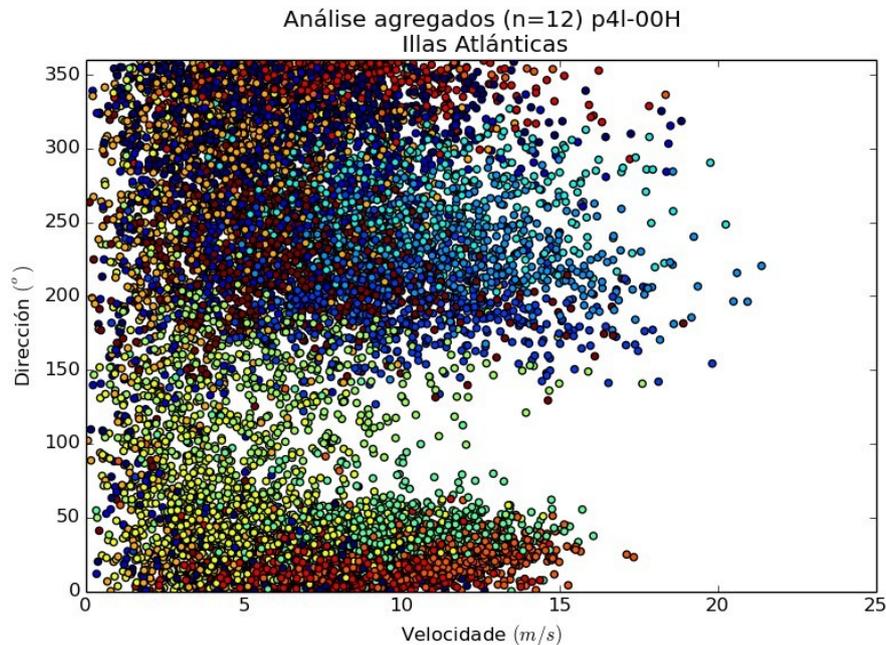


Figura 2.5.- Velocidad y dirección de viento de cada uno de los días de cada clúster

3. Clasificación Climática: Análisis “Clúster”

Finalmente, una vez reducida la dimensionalidad del problema a 5 variables, faltaría aún hacer la clasificación de las diferentes situaciones meteorológicas asociadas a cada tipo de viento. Para ello se recurrió a un análisis “clúster” de los datos proyectados en las 5 primeras componentes principales.

El objetivo de este análisis es encontrar un número de situaciones diferentes lo suficientemente pequeño para no cargar de cálculo las siguientes etapas del estudio relacionadas con la modelización de los vertidos contaminantes. Pero por otra parte, el número de configuraciones diferentes ha de ser lo suficientemente elevado para que no aparezcan mezcladas condiciones meteorológicas semejantes y se encuentren estructuras razonables en los patrones de viento, para posteriormente tener bien reflejadas todas las condiciones posibles a la hora de calcular la dispersión de los posibles vertidos.

Se consideraron distintas clasificaciones. Finalmente se decidió que 12 clústeres, recogían toda la variabilidad de la costa oeste gallega.

En un primer momento se pensó en usar solo los datos con módulo superior a 1,5m/s por tener una mayor representatividad, pero viendo que la separación realizada en "clústeres" con el conjunto completo de datos separaba razonablemente bien las situaciones de viento en calma del resto, finalmente se decidió emplear como definitivos los análisis "clúster" del conjunto completo de datos.

Para realizar este análisis se utilizó la técnica denominada "k-medias" que divide el conjunto de datos de partida de manera iterativa en n subconjuntos, cada uno de ellos formado por aquellos puntos cuya distancia al centroide del subconjunto al que pertenecen es menor.

En esta técnica el número de clusters a obtener es subjetivo (se le dice al algoritmo "genérame Nk clusters") y, además, tiene un resultado que depende de los puntos que se utilicen para inicializar el centroide de cada cluster. De forma iterativa, se van asignando cada elemento (día) a su cluster, una vez clasificados todos se calculan los nuevos centroides de cada cluster y se vuelve a empezar: recalcular distancias=>asignaciones a clusters=>nuevos centroides, y así sucesivamente. Este algoritmo no es muy adecuado para según qué clasificaciones, pues el proceso iterativo hace que el algoritmo tienda a agrupar en clusters que acaben conteniendo un número similar de elementos.

Para evitar estas "debilidades" del agrupamiento con k-means, y siguiendo un procedimiento parecido al encontrado en unos artículos de Martín-Vide (sobre clasificación sinóptica de episodios de nevadas intensas en el Pirineo) en los que también usa PCA+kmeans, se utiliza el significado del resultado del análisis de componentes principales para "dirigir" el funcionamiento del agrupamiento con k-means, en el siguiente sentido:

- Se buscan los días que son "extremos" en cada una de las 80 CPs y no lo son en las demás. Es decir, se generan inicialmente 80 clusters, y a cada cluster k pertenecen los días para los que la $CP[k]$ tiene un valor que se aleja más de 3 desviaciones estándar de la media de esa $CP[k]$, pero que está dentro de ese intervalo de 3 desviaciones estándar en cada una de las otras 79 CPs. Se calcula entre todos los miembros de cada uno de esos clusters iniciales su centroide.

- Se calculan las distancias (en ese espacio de 80 dimensiones) entre cada uno de esos centroides con los demás y se usa el promedio de las distancias de un centroide con los demás como indicador de lo "bien separado" que está ese centroide
- Se escogen sólo los centroides más separados. Para ello, nuevamente, se toma como medidor de "muy separado" que el "alejamiento promedio" de un centroide sea superior a la media de todos los "alejamientos promedio". Con esta selección y con el conjunto de datos analizados quedan 12 centroides
- Una vez tenemos 12 centroides "plausibles", se corre k-means con una sólo iteración, es decir, simplemente se asigna cada día a cada cluster en función de su distancia a ese centroide
- Una vez tenemos todos los días asignados a cada cluster, se calcula el centroide real de ese cluster y se calcula la distancia de cada elemento al centroide del cluster en el que está clasificado.

Una vez clasificados todos los días analizados en distintos subconjuntos, se calculó la frecuencia con la que aparecen en cada mes, cada estación y cada año.

De esta forma, una vez elegidos los días representativos de cada clúster, para las posteriores simulaciones, podrán ser promediados todos los resultados en función de estas frecuencias. Se seleccionaron 10 días tipo de cada clúster. Todos ellos entre los años 2012 y 2014 por tener en esas fechas modelos meteorológicos de mayor resolución que nos permitan definir mejor el posterior cálculo de la dispersión de contaminantes.

2. 2.1. RESULTADOS

La gran variabilidad de vientos y situaciones sinópticas a las que está sometida Galicia, provocó que fueran 12 los clústeres necesarios para recogerla.

Entre los 12 clústeres, 6 se pueden considerar como asociados a bajas presiones (Clúster 0, 1, 2, 3, 6 y 11) y otros 5 como de altas presiones (Clúster 5, 7, 8, 9 y 10), junto con otra situación de transición entre bajas y altas presiones (Clúster 4).

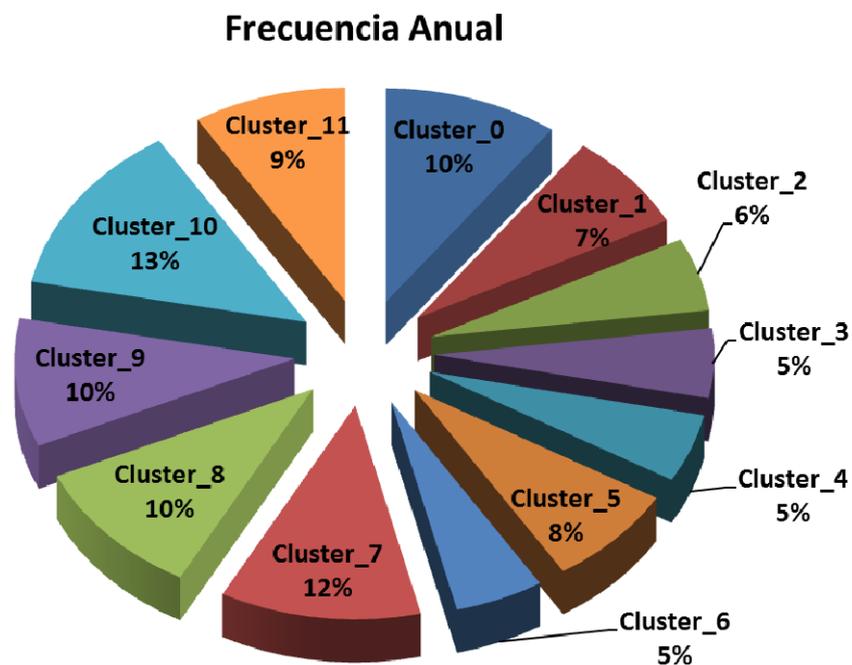
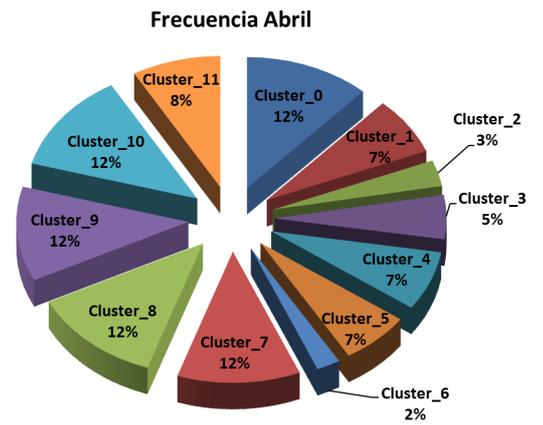
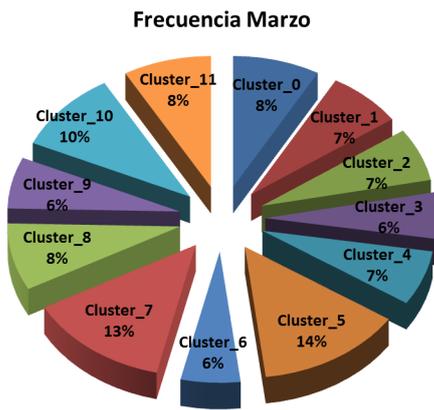
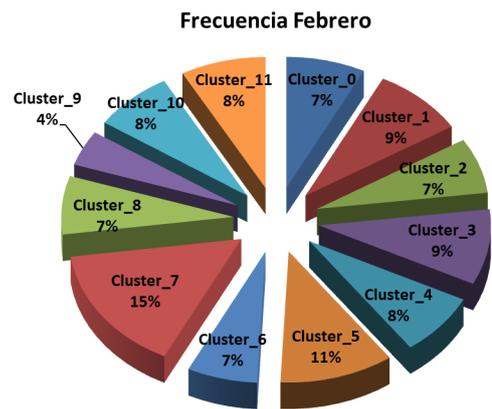
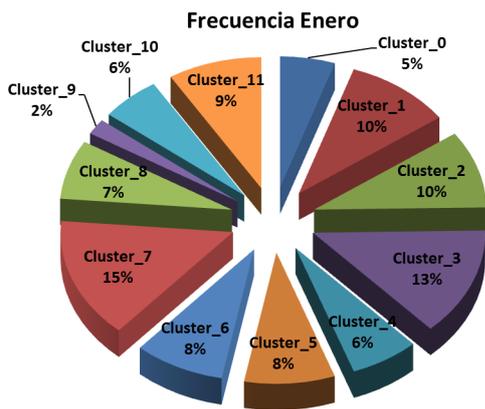


Figura 2.6.- Distribución anual de cada uno de los clústeres definidos.

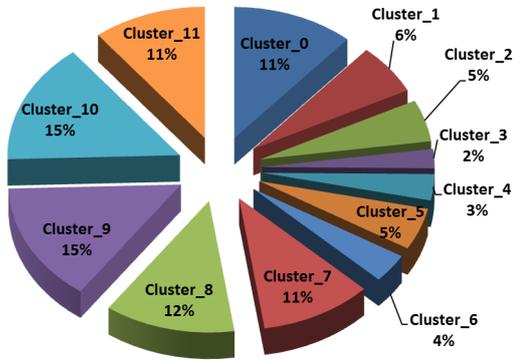
De la frecuencia anual de aparición de cada clúster obtenemos que un 42% de los días están asociados a bajas presiones, un 53% a altas presiones y un 5% de las situaciones se asocian a una clara transición entre bajas y altas presiones.

La distribución mensual de cada uno de esos clústeres varía mucho, así, mientras que en verano, el clúster número 10, por ejemplo, se repite un 25% de los días, en invierno

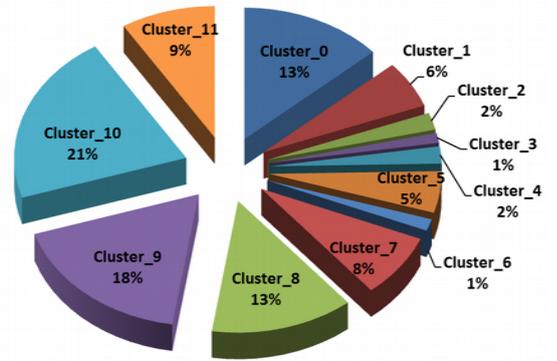
solo aparece en 5 de cada 100 días. A continuación se muestra esta distribución mensual para cada uno de los clústeres.



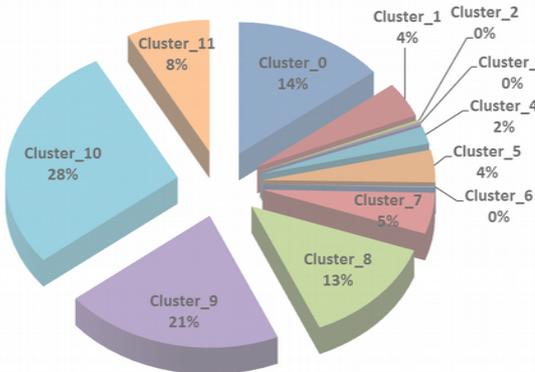
Frecuencia Mayo



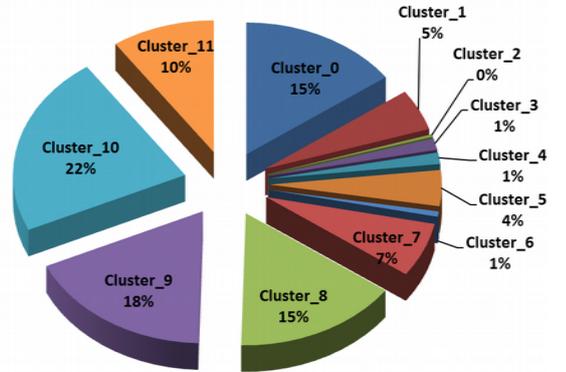
Frecuencia Junio



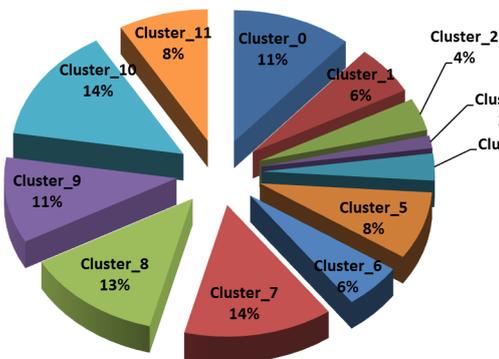
Frecuencia Julio



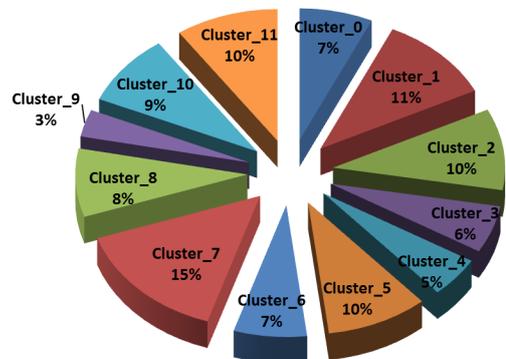
Frecuencia Agosto



Frecuencia Septiembre



Frecuencia Octubre



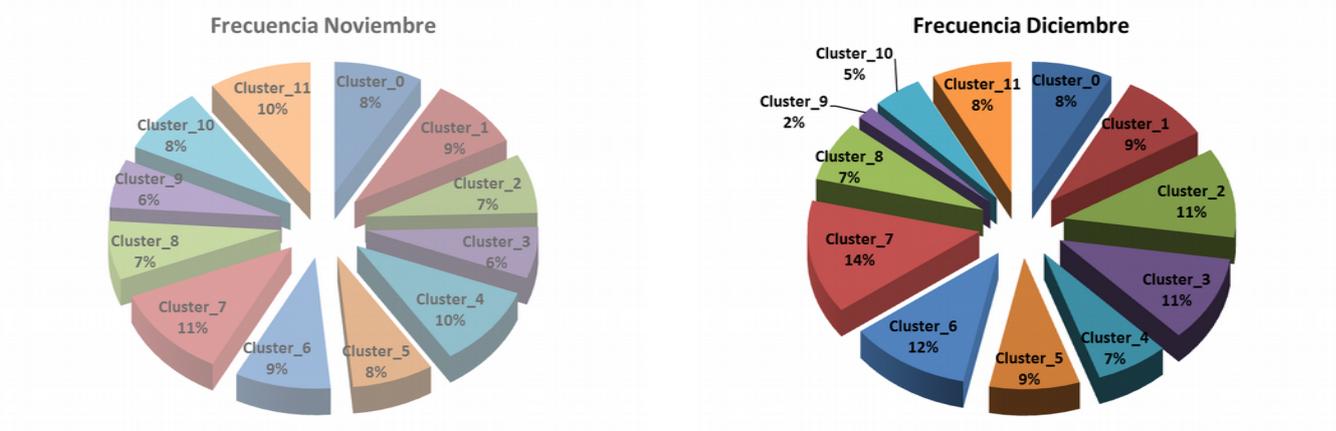


Figura 2.7.- Distribución mensual de cada uno de los clústeres definidos

En el Anexo 1 se puede encontrar una descripción detallada de cada clúster.

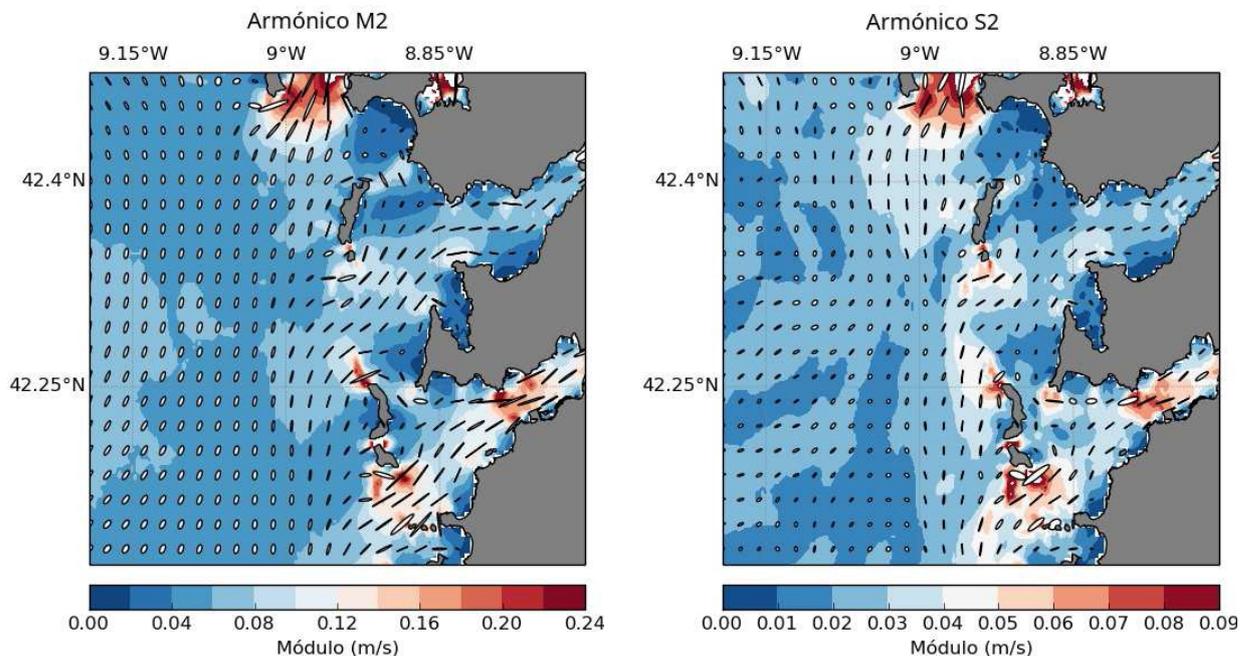
3. MODELADO NUMÉRICO

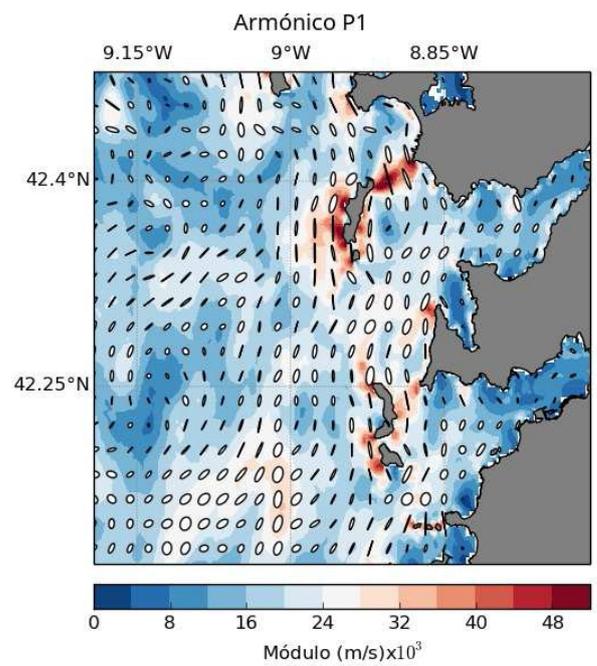
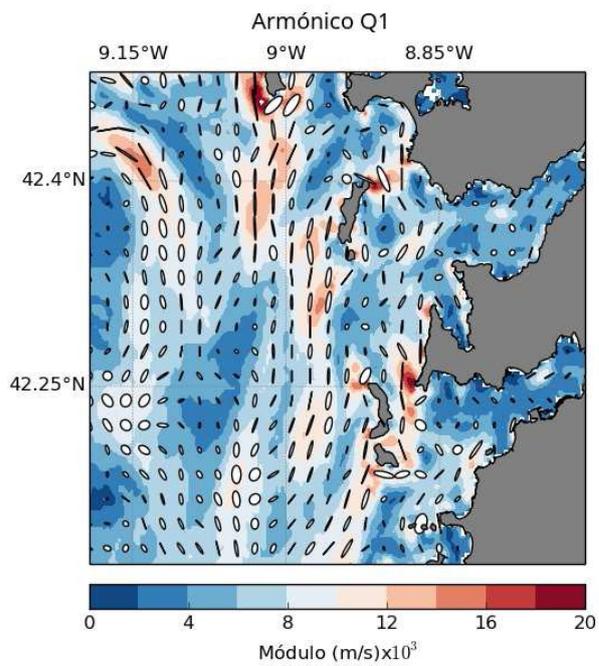
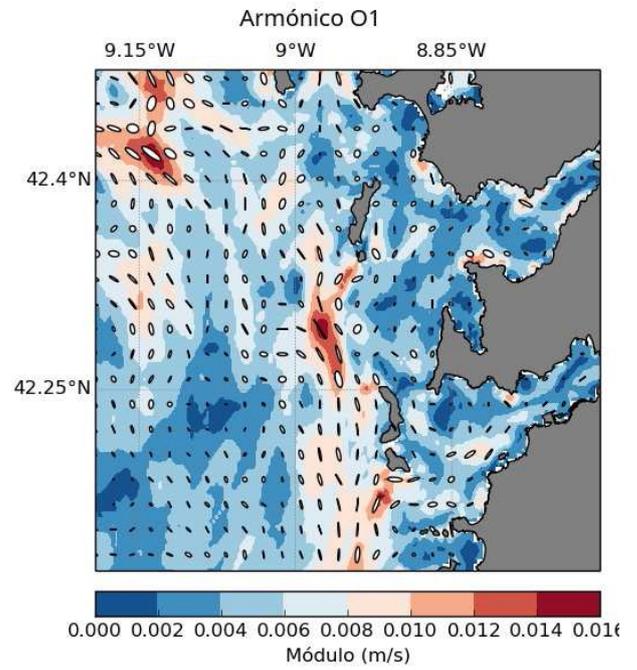
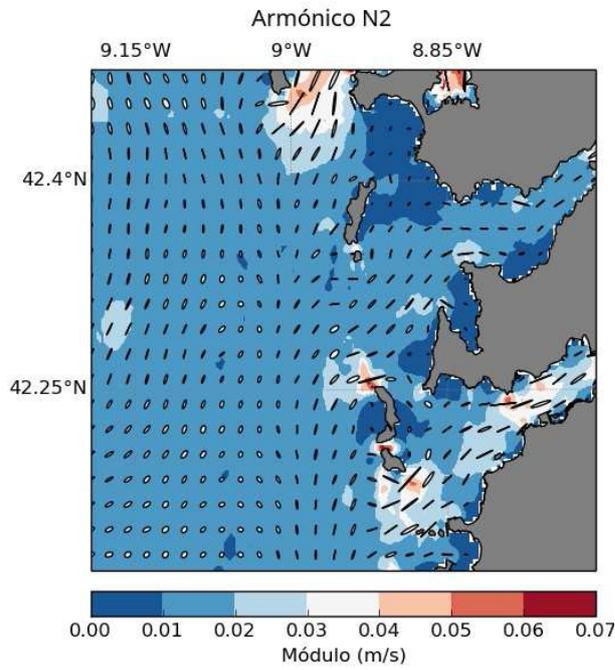
Para la caracterización océano-meteorológica de la zona de estudio se ha tenido en cuenta la disponibilidad de datos de diferentes organismos, para así poder calibrar la necesidad de ejecutar modelos específicos en las zonas de estudio.

Se estudió la cobertura tanto espacial como temporal disponible, haciendo especial hincapié en las peculiaridades del viento en la zona, encañonamiento en diversas situaciones en las Rías, apantallamiento en diversas zonas, giros tras las Islas, etc... Así como la particularidad de las corrientes en la zona. Con estas premisas se analizaron las siguientes fuentes de datos:

- Para la caracterización meteorológica: Se han contemplado en el estudio varias fuentes de datos de diversas instituciones. Se han analizado los resultados del modelo IFS (Integrated Forecast System) del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (ECMWF) con unos 15 km de resolución. Pese a la calidad que este atesora, la resolución no era suficiente para la zona. Los resultados del modelo meteorológico mesocalar WRF están disponibles en MeteoGalicia. Su modelo operacional de 4km de resolución sobre Galicia tampoco pareció suficiente y se decidieron usar los resultados del modelo WRF de 1,2km de resolución que resuelven de manera satisfactoria gran parte de los efectos locales de viento que se producen en el entorno del Parque Nacional. La única limitación es su disponibilidad temporal, ya que solo existen datos desde el 2012. Analizando esta problemática se ha concluido que no supone ningún problema, ya que todos los clústeres seleccionados tienen un número suficiente de días en el período 2012-2014.
- Para la caracterización hidrodinámica (modelo de corrientes): Existen varias fuentes de datos pero todas con limitaciones espacio-temporales. Por un lado destacan los productos desarrollados por el consorcio Mercator Ocean, muchos de los cuales están disponibles a través de la plataforma MyOcean. En la

actualidad existe un modelo denominado NEMO que produce predicción de variables oceánicas a 5 días con una resolución horizontal de 1/36 de grado. Una de las características más destacables es la inclusión de la marea en los pronósticos realizados con este modelo, pero la resolución que nos aporta no es suficiente. Otra posible solución eran los modelos locales de MeteoGalicia (tanto ROMS como MOHID) pero la escasa cantidad de días disponibles con pronósticos de calidad ha impedido su uso. Ante estos inconvenientes y conociendo que el principal aporte de las corrientes al posterior desplazamiento de los contaminantes, será la corriente de marea (además de la generada por el viento, bien resuelto con el modelo de alta resolución) se ha desarrollado un modelo específico para la zona. A partir de las salidas del modelo MOHID, de MeteoGalicia, y durante un periodo de 6 meses con alta frecuencia de datos, se han calculado los principales armónicos de marea en la zona y a partir de ellos se han reconstruido las corrientes de marea. Se muestran en las siguientes imágenes.





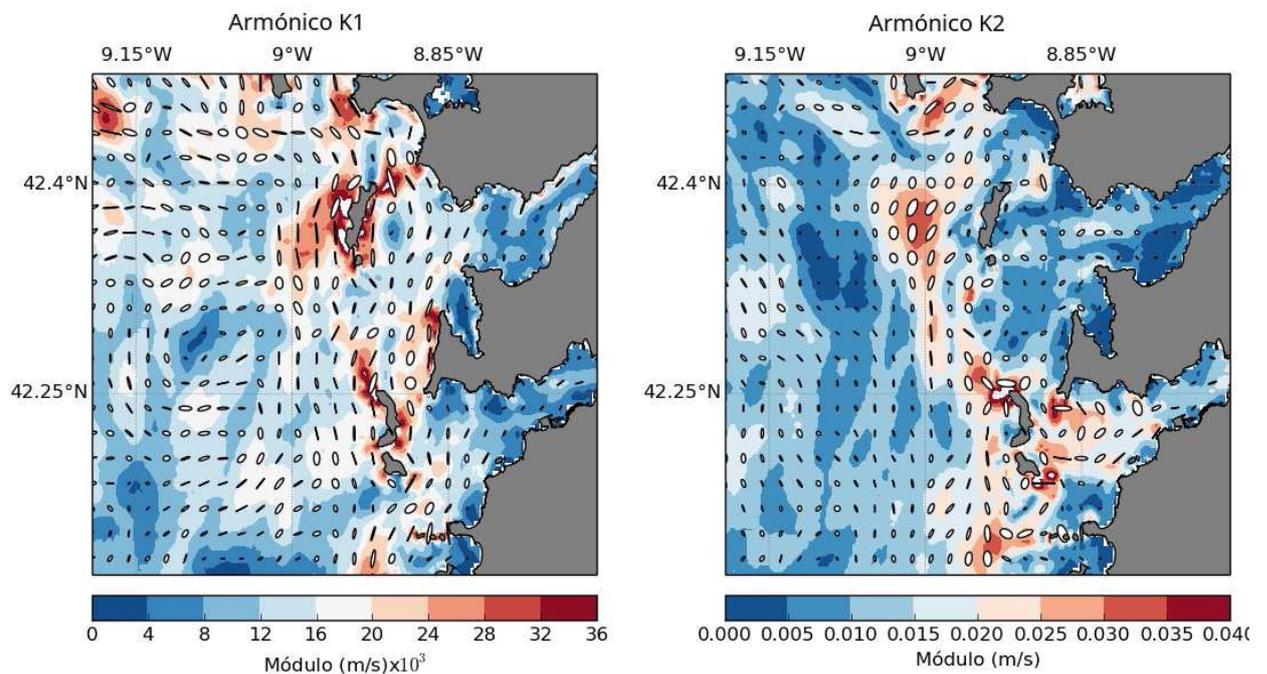


Fig. 3.1: Principales armónicos de marea calculados

Para simular la deriva de los posibles vertidos se consideraron diferentes modelos numéricos, pero finalmente se eligió un modelo lagrangiano de transporte que constituye un estándar en la elaboración de planes de contingencia denominado GNOME (General NOAA Operational Environment) creado y distribuido por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). El modelo calcula las trayectorias de los posibles vertidos contemplados en forma de elementos o trazadores lagrangianos, utilizando para el cálculo de las trayectorias individuales los datos de las condiciones océano-meteorológicas, las incertidumbres asociadas a estos campos y la difusión turbulenta (Figura). Con este modelo se puede seguir el desplazamiento realizado por cada una de las partículas de forma individual y conocer su posición en cualquier instante posterior al lanzamiento, por lo que se podrá analizar cuando y cuántas llegan a la zona de estudio. Las trayectorias generadas por este modelo constituirán, por tanto, la base a partir de la cual se realizarán las estadísticas para cada época del año que se considere representativa de la zona de estudio. En este caso para desplazar las

partículas se ha usado el 100% de la corriente de marea y un valor variable entre las distintas partículas de entre el 3 y el 4% del viento superficial. En un principio, dentro de las Rías se recomienda usar un valor entre el 0 y 1% del viento cuando el modelo de corrientes considera la corriente asociada al viento, como no es este el caso, se usa un 3% extra que simule esa corriente.

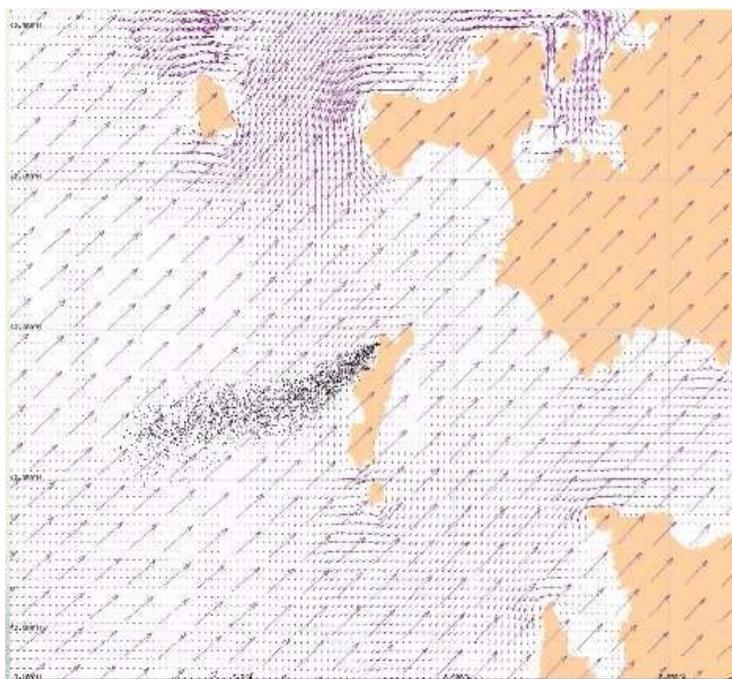


Fig. 3.2: NOAA GNOME simulando un vertido superficial en modo backtraking. Los vectores representan las corrientes y el viento superficial. El vertido se simula por medio de 5000 elementos lagrangianos.

Para poder conocer qué zonas de la costa y qué zonas marítimas son las que aportan un mayor peligro al Parque se ha decidido ejecutar el modelo GNOME en “backtraking”, es decir en modo inverso, de esta forma las salidas del modelo de dispersión de contaminantes nos aportarán desde donde puede llegar un vertido a un determinado punto.

Una vez tenemos las simulaciones numéricas para los 120 días seleccionados (10 días tipo de cada clúster), se han seleccionado 49 puntos a lo largo de la costa del Parque Nacional y desde ellos en 8 instantes del día (cada 3 horas) y para cada uno de los 10

días seleccionados de cada clúster se ha ejecutado el modelo de dispersión de contaminantes. Tenemos por tanto, 47.040 simulaciones numéricas similares a la de Figura 3.2. Gracias a la clasificación climática conocemos la frecuencia de aparición (tanto por meses como anual) de cada una de estas situaciones, lo que nos permite analizar estadísticamente todos estos resultados.

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó con el objetivo de obtener unas variables que nos indiquen qué zonas próximas al Parque Nacional son las que tienen un mayor peligro, en términos de producir un vertido que afecte al área de interés, qué tiempos de reacción tendríamos en tal caso y qué zonas del parque están más expuestas a recibir ese vertido de contaminantes.

Para realizar este estudio fue necesario, previamente, definir su alcance. Se estableció que se necesitaba conocer las zonas adyacentes al Parque desde las que pudiera llegar un vertido en 24 horas o menos. Se definió por tanto una zona alrededor del Parque desde la que, en las condiciones océano-meteorológicas más desfavorables, un vertido pudiese llegar a afectar al área de interés (Figura 4.1). Se establecieron además 3 posibles tiempos de respuesta, 6, 12 y 24 horas y por otro lado, se hacía necesario distinguir los posibles escenarios de forma mensual, además de tener una estadística final anual.

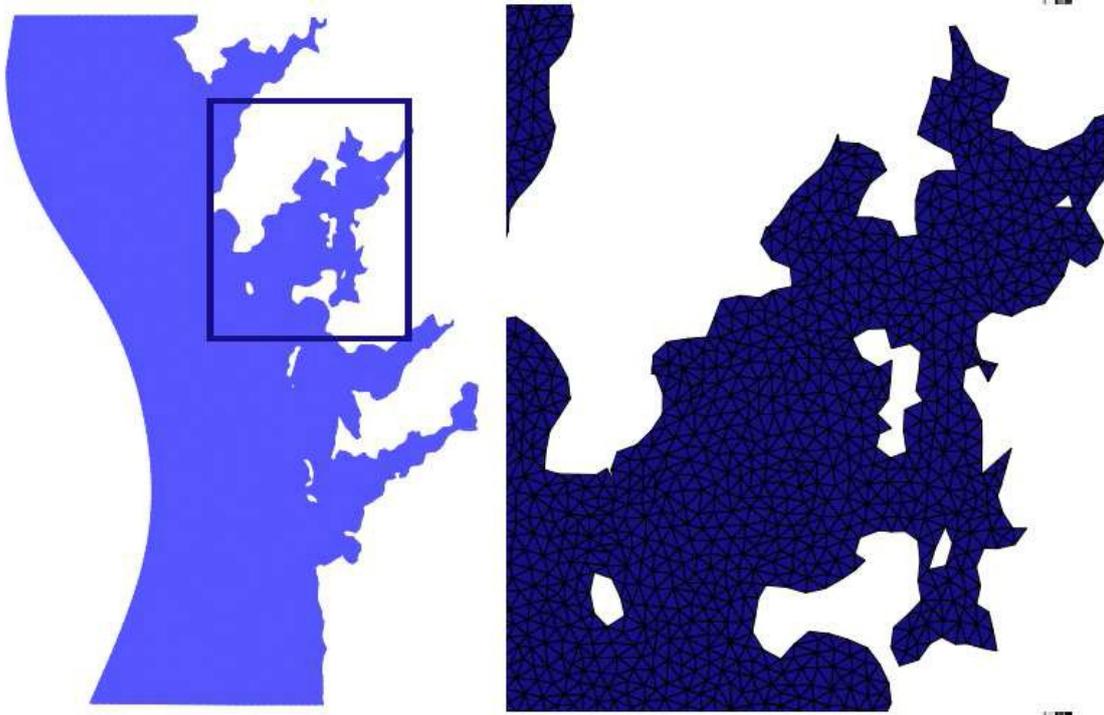


Fig. 4.1: Malla de cálculo con división en polígonos menores por medio de un algoritmo de triangulación condicionada.

Para realizar estos cálculos se dividió el Parque Nacional en 49 zonas distintas en función de su exposición natural (cabos o bahías) y de su orientación y es en estas zonas (Figura 4.2) donde se analizaron los resultados finales.



Fig. 4.2: Puntos de vertido del modelo en modo backtraking.

Las zonas de peligro próximas al Parque se clasificaron directamente en función de la probabilidad de producir un vertido que afecte a este en las siguientes 6, 12 o 24 horas.

Una vez conocidas estas probabilidades, estas se combinaron con la malla de focos peligrosos realizada por el propio INTECMAR (Figura 4.3) que clasifica todos los puntos de la malla de cálculo en 5 categorías en función del tráfico, industrias peligrosas instaladas en la zona, depósitos, ríos, etc... De esta forma obtenemos un resultado final en el Parque que nos permite distinguir qué zonas de este están más expuestas a recibir un vertido accidental de hidrocarburos.

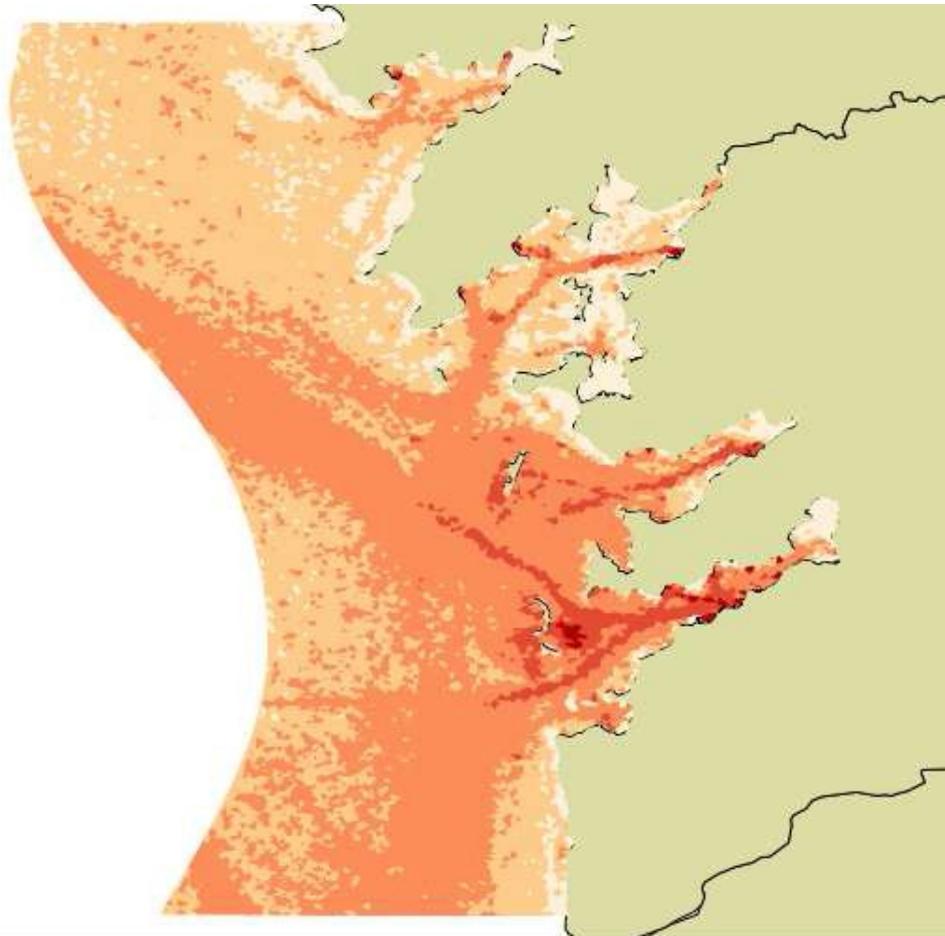
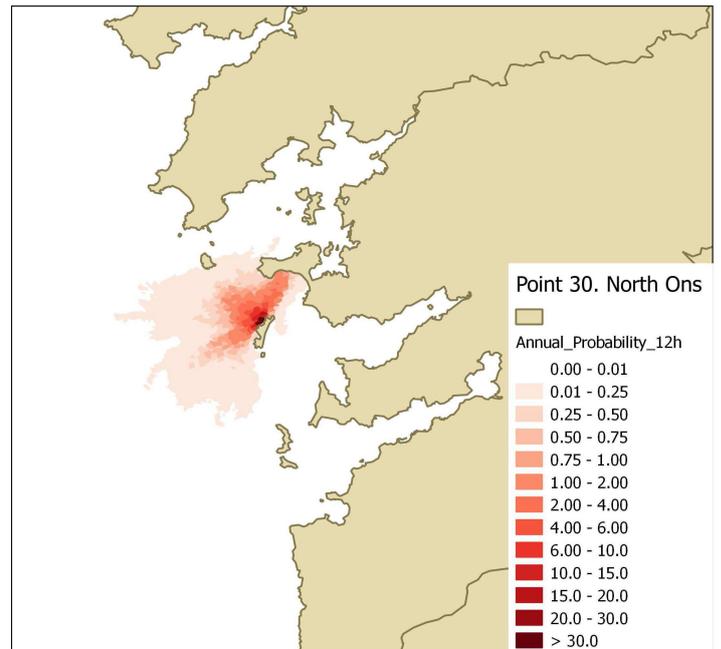
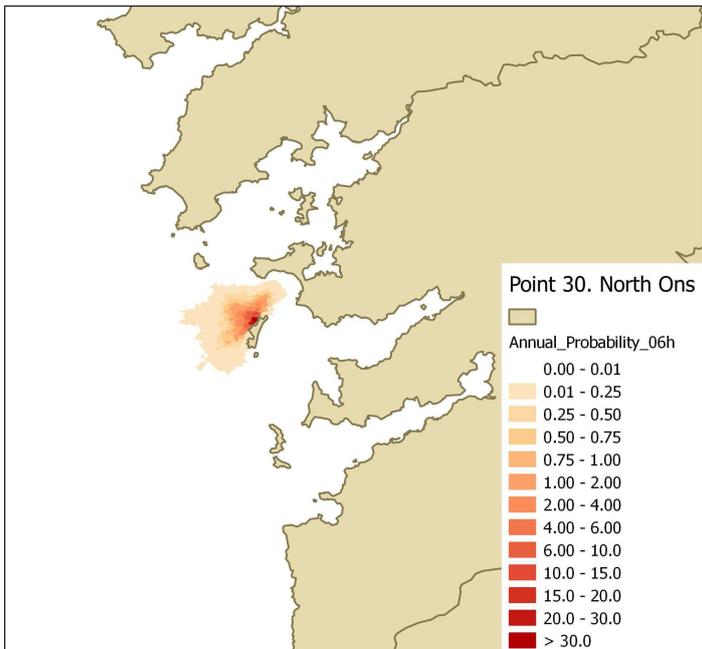


Fig. 4.3: Potencial peligro alrededor del Parque Nacional.

5. RESULTADOS

Tras el análisis estadístico se obtienen las zonas desde las que es posible (y con qué probabilidad) que un vertido accidental alcance el Parque Nacional.

En primer lugar se analizaron por separado cada uno de los 49 puntos seleccionados, promediando todas las situaciones sinópticas en función de su aparición mensual/anual. En la Figura 5.1 vemos desde donde podría llegar un vertido a un punto en el norte de la Isla de Ons en los 3 tramos horarios seleccionados (6, 12 y 24 horas)



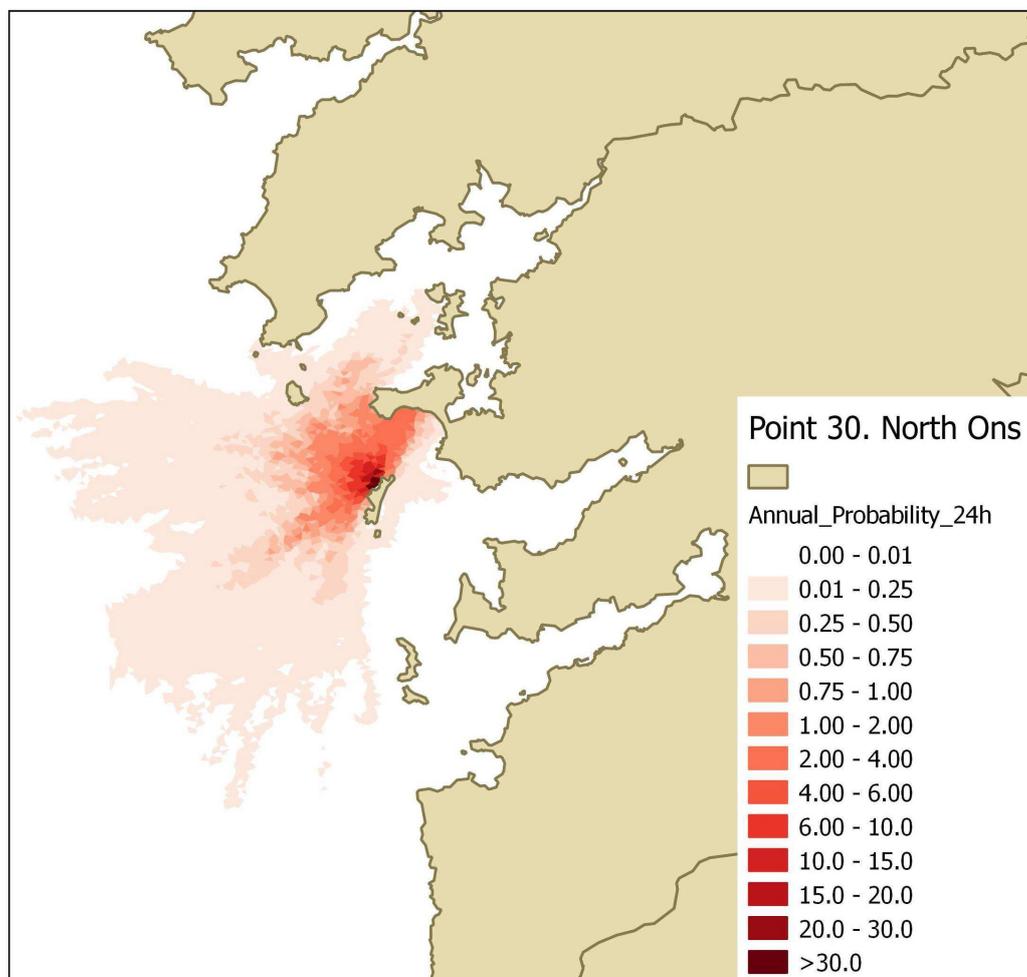
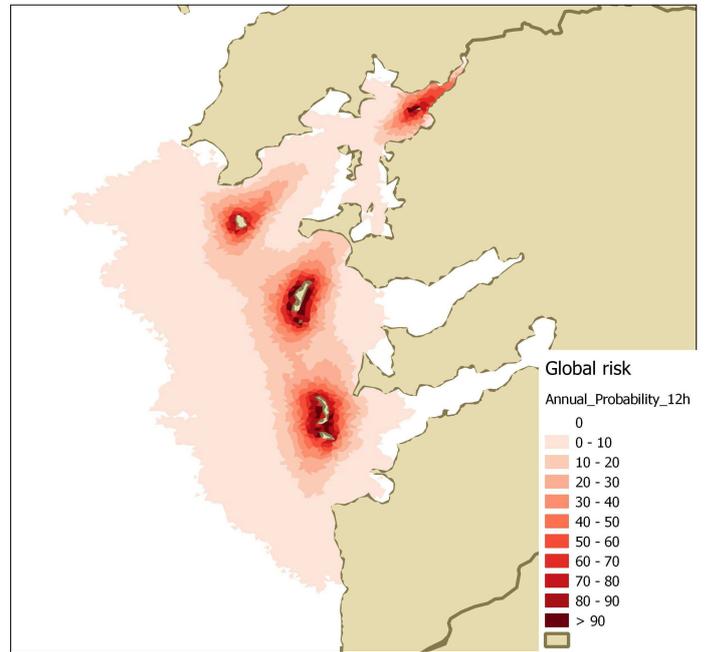
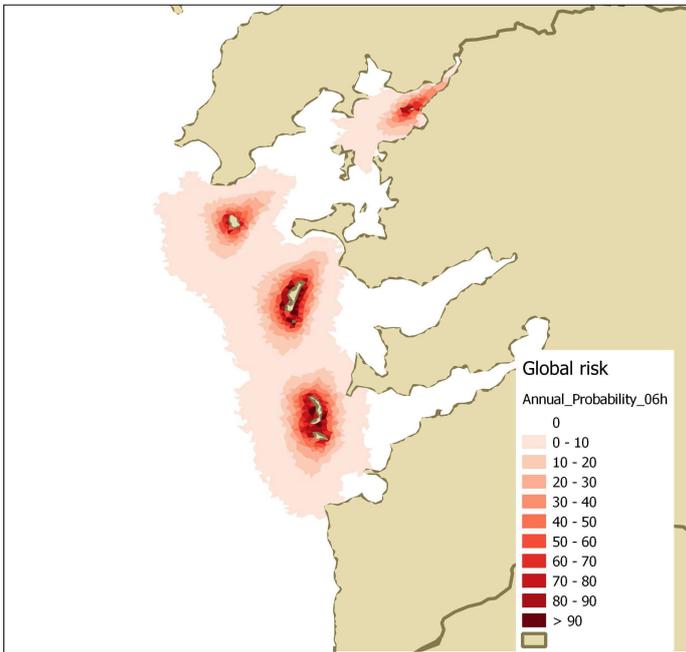


Fig. 5.1: Probabilidad de que un vertido alcance el norte de la Illa de Ons en 6, 12 y 24 horas.

En los resultados vemos como la probabilidad de que el vertido alcance el Parque aumenta con el tiempo y como a pesar de considerar hasta 24 horas de evolución del vertido en el mar, este no podría alcanzar nunca ese punto seleccionado si se produjese en el interior de la Ría de Vigo o de Pontevedra pese a su teórica cercanía.

Una vez analizamos por separado los 49 puntos, se pasó a analizar el resultado en el global del Parque. Para ello se consideraron las 47.040 simulaciones y en función de su promedio anual y/o mensual se obtuvieron los siguientes resultados que muestran las zonas próximas al Parque desde las que podemos sufrir un vertido en 6, 12 y 24 horas.



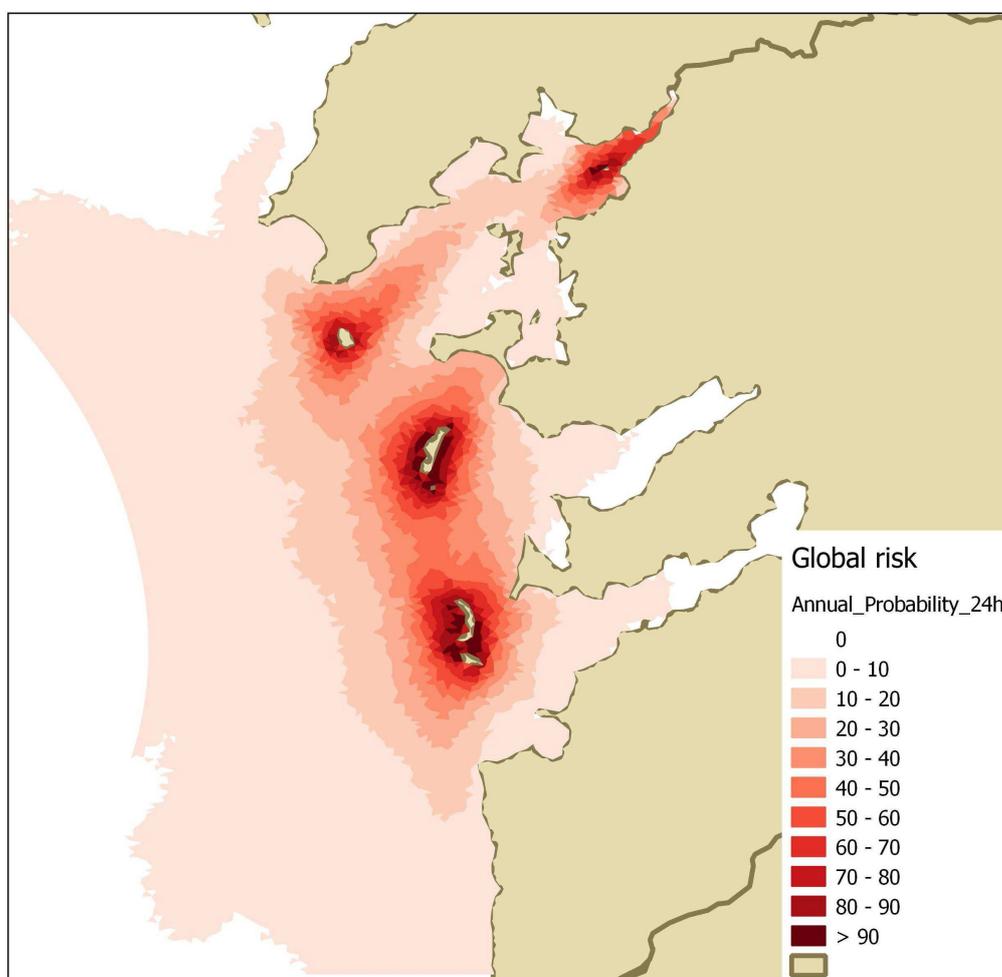


Fig. 5.2: Probabilidad de que un vertido alcance algún punto del Parque en 6, 12 y 24 horas.

Del resultado de la probabilidad anual podemos destacar que un vertido en el fondo de las Rías de Pontevedra o Vigo no alcanzaría nunca al Parque en menos de 24 horas, por lo que en principio, un vertido conocido en esa zona podría ser abordado por los equipos de salvamento antes de que llegase al Parque.

Esta información probabilística se analizó de forma mensual obteniendo diferencias significativas entre los meses de invierno y verano, como vemos en la Figura 5.3.

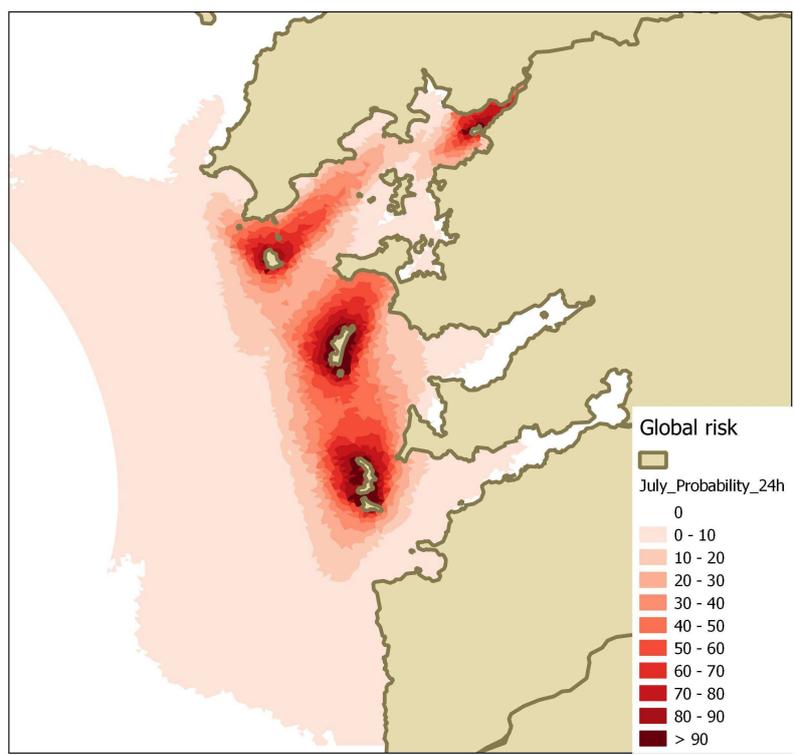
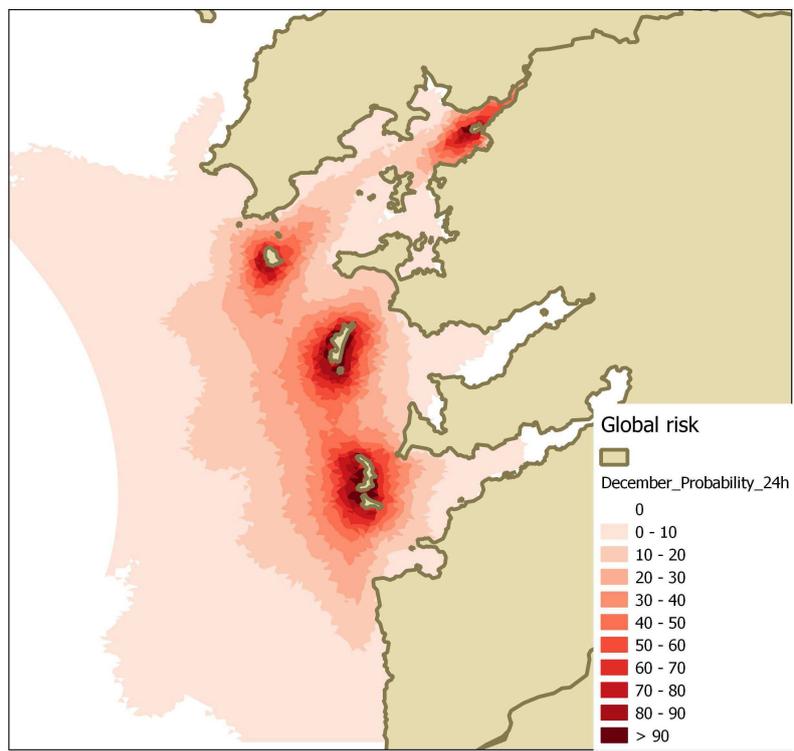
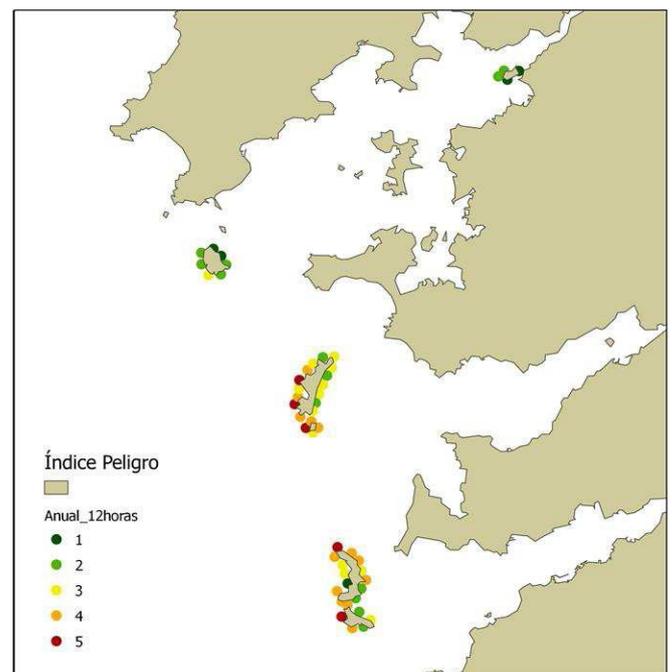
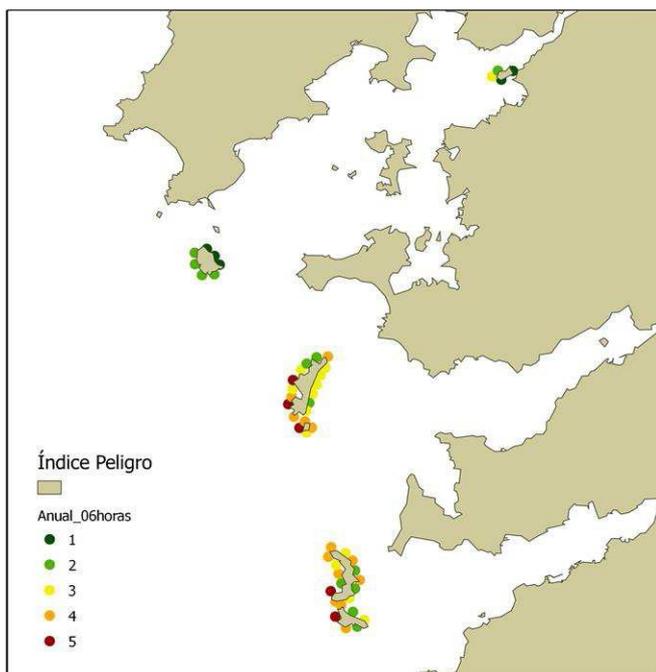


Fig. 5.3: Probabilidad de que un vertido alcance algún punto del Parque en 24 horas en Diciembre (panel superior) y Julio (panel inferior).

En los meses de invierno la probabilidad de que un vertido alcance el Parque desde mar adentro es muy superior al verano y la probabilidad de que llegue desde el sur también. Por el contrario, en los meses de verano la atención se debería centrar en el interior de las Rías (especialmente la de Arousa y la cara norte de la Ría de Pontevedra) ya que el peligro aumenta considerablemente debido en gran parte al predominio de los vientos del norte-nordés que provocan una mayor regeneración dentro de las Rías.

Con todos estos resultados y la clasificación del potencial peligro que existe en la zona se calculó el peligro al que estaría sometido el Parque Nacional obteniendo que la Illa de Cortegada a pesar de su proximidad a tierra es la zona con un menor peligro (muy poco tráfico marítimo pesado e industrias en la zona) y como la cara exterior de las islas más exteriores en la zona que acumula un mayor peligro, junto con la zona de las Illas Cíes más próxima a Cabo Home. Lo vemos en las imágenes de la Figura 5.4,



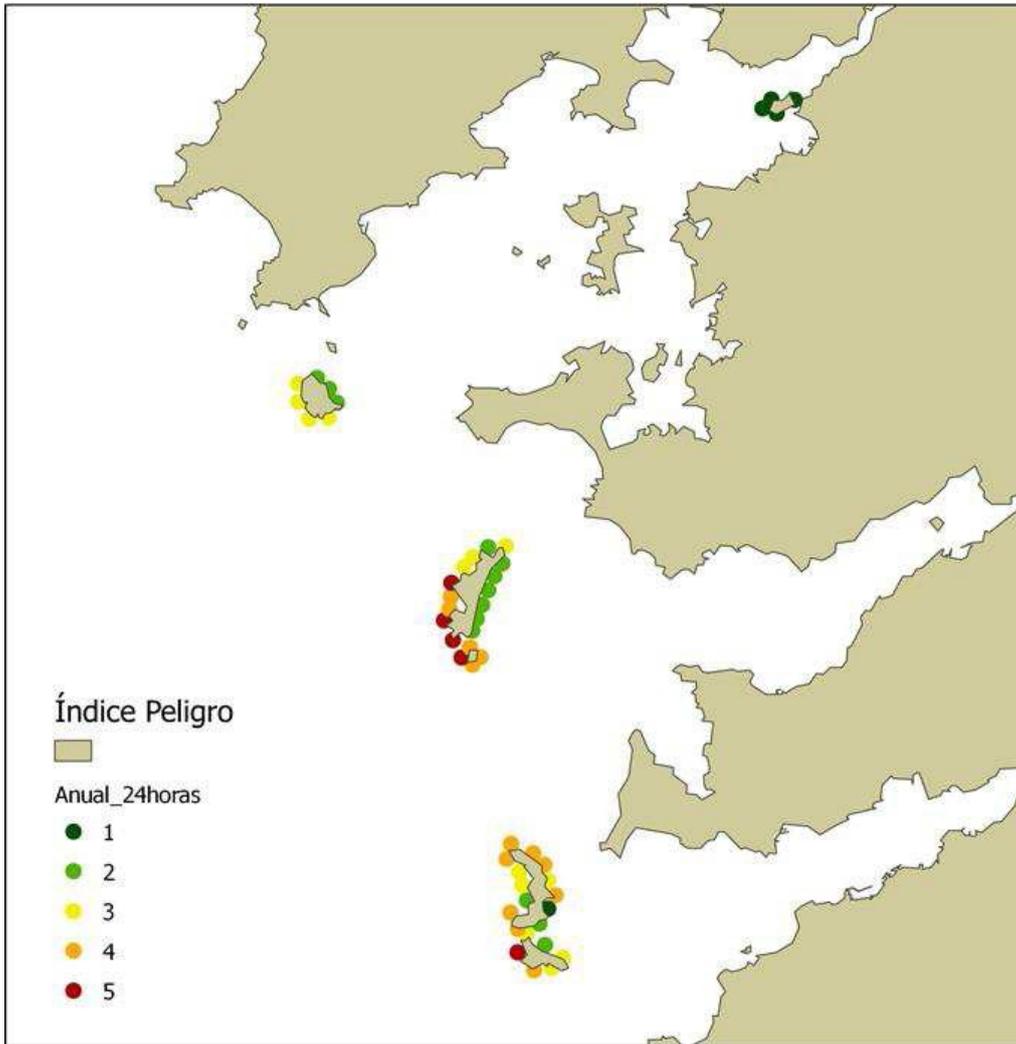


Fig. 5.4: Peligro en cada uno de los puntos seleccionados en el Parque en 6, 12 y 24 horas.