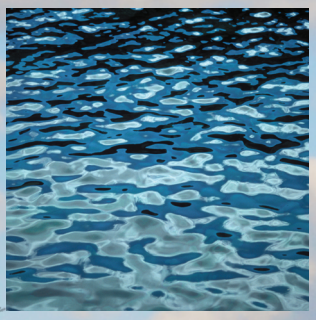
Evidencias e Impactos do Cambio Climático en Galicia

R E S U M O



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE
E DESENVOLVEMENTO SOSTIBLE

Edita: XUNTA DE GALICIA Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible.
Coordinadores da Investigación: *Vicente Pérez Muñuzuri, Xosé Antón Álvarez-Salgado, Antonio Bode, Raquel Cruz Guerrero, Francisco Díaz-Fierros Viqueira, Marisa Fernández Cañamero, Mª Dolores Garza Gil e José Antonio Vega.*
Coordinación do libro: *Vicente Pérez Muñuzuri, Marisa Fernández Cañamero e José Luis Gómez Gesteira.*
Traducción: *Susana García García e Ramiro Combo García.*
Fotos cedidas por: *Miguel Salvande Fraga.*
Diseño gráfico e impresión: Tórculo Artes Gráficas S.A.
© 2009 XUNTA DE GALICIA Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible.

Reservados todos os dereitos. Nin a totalidade nin parte deste libro pode reproducirse ou transmitirse por ningún procedemento electrónico ou mecánico, incluíndo fotocopia, gravación magnética ou calquera almacenamento de información e sistema de recuperación, sen o permiso previo e por escrito das titulares do copyright.

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE
E DESENVOLVEMENTO SOSTIBLE

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE PESCA
E ASUNTOS MARÍTIMOS

CLIGAL
Análise de Evidencias
e Impactos do cambio
Climático en Galicia

CSIC

UNIVERSIDADE DE VIGO

CENTRO TECNOLÓGICO DEL MAR
FUNDACIÓN CETMAR

CIMA
CENTRO DE INVESTIGACIÓNS MARIÑAS

RESUMO PARA XESTORES PÚBLICOS

As evidencias que o cambio climático está a deixar en todos os ecosistemas a nivel global son múltiples e ben documentadas en diversos informes realizados por prestixiosos organismos. O aumento de temperatura constatado a nivel global non foi constante nin homoxéneo e a heteroxeneidade é aínda maior no caso da precipitación e nos cambios na frecuencia de extremos. A pesar de que se coñece o efecto do cambio climático a nivel mundial e mesmo a nivel de estados, é importante, de cara a unha planificación de mitigación e adaptación ao cambio a nivel rexional, coñecer a súa pegada en Galicia.

Así, a Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible promoveu en 2007 o proxecto de investigación titulado *Análise das evidencias e impactos do cambio climático en Galicia (CLIGAL)*, no que participaron máis dun centenar de investigadores das tres universidades galegas e de diferentes centros de investigación de Galicia. Este proxecto permitiu afondar no impacto que o cambio climático está a deixar nos distintos ecosistemas galegos, así como na evolución futura destes. A información que se achega é un resumo da análise máis profunda presentada no libro *Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia*, e pretende servir de guía tanto ao cidadán como aos responsables políticos que deben tomar as decisións oportunas que lle permitan á sociedade galega mitigar as causas e adaptarse aos efectos do cambio climático.

A información obtida preséntase desagregada por ecosistema e por variable analizada en función das evidencias e impactos futuros do cambio climático en Galicia. Como non pode ser doutro xeito nunha análise científica, procurouse indicar o nivel de certeza das observacións e predicións realizadas mediante unha gradación dividida en tres niveis: alta, media e baixa.

CLIMA

A temperatura aumentou en Galicia de forma similar ao resto de España. O maior incremento produciu-se desde os anos 70, especialmente na primavera e no verán. Tamén cambiou a frecuencia de valores extremos: máis extremos cálidos e menos extremos fríos, acompañada dun descenso no número anual de días de xeada. No tocante á precipitación, insinúase un certo cambio de distribución ao longo do ano, apoiado polas tendencias observadas en índices de seca, e aprécianse cambios máis claros na frecuencia de días de precipitación extrema: diminución na primavera e aumento no outono, relacionado coa maior frecuencia de situacións do suroeste nesta estación. Outras variables estudadas foron a ocorrencia de xeadas, os días de neve e os índices de seca. Paralelamente, analizouse a evolución temporal das principais situacións sinópticas identificadas para Galicia e os patróns de oscilación na atmosfera (entre os que destaca o índice NAO), relacionando as tendencias existentes cos cambios observados nas anteriores variables meteorolóxicas.

As predicións do modelo climático mostran un incremento de temperatura media anual a mediados de século que podería duplicar a taxa actual. O efecto será máis acentuado no verán, especialmente nas temperaturas máximas. Tamén se espera un cambio nos extremos de temperatura concordante coas tendencias recentes atopadas. En precipitación e demais variables relacionadas (balance hídrico, índice de seca), as predicións teñen un grao de certeza moito máis baixo, aínda que se apunta novamente a un certo cambio na distribución da choiva dentro do ano.

CLIMATOLOXÍA

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
TEMPERATURA	**ALTA CERTEZA** • A temperatura anual aumentou 0,18 °C/década no período 1961-2006. O aumento non foi homoxéneo ao longo do período, destacando o incremento abrupto desde 1972, período en que o aumento de temperatura alcanza un valor de 0,36 °C/década. • O aumento de temperatura foi algo máis pronunciado e xeneralizado nas temperaturas máximas, aínda que a diferenza respecto ao incremento nas mínimas só é significativa na primavera. • O aumento foi maior na primavera (especialmente nas máximas) e no verán (máis homoxéneo). No inverno, o incremento foi menor, e é debido ao incremento das máximas.	**ALTA CERTEZA** • Estímase que a mediados de século a temperatura media anual aumentará 1,5 °C con respecto a finais do século XX. • O aumento de temperatura estímase que será maior no verán (en torno a 2,5 °C) e na primavera (aproximadamente 2 °C). • En xeral agárdanse maiores incrementos en temperatura máxima no verán, que chegarían a 2,75 °C. Os incrementos de temperatura mínima esperados son algo menores en xeral, aínda que no verán tamén poderían chegar a ser de 2,75 °C pero de forma máis puntual e non na costa.
TEMPERATURAS EXTREMAS	**ALTA CERTEZA** • No inverno descendeu o número de días fríos. • Na primavera aumentou a frecuencia de días e noites cálidas e descendeu a frecuencia de días fríos. • No verán destaca respecto ao resto do ano o papel das temperaturas mínimas, aumentando especialmente a frecuencia de noites cálidas e descendendo a de noites frías. • No outono só se aprecia un descenso significativo de días e noites frías.	**ALTA CERTEZA** • Espérase un aumento do número de días cálidos e noites cálidas e un descenso do número de días fríos e noites frías. • Igual que nos valores por termo medio, os incrementos son maiores no verán e especialmente xeneralizados ao longo do territorio no caso do incremento de días cálidos.
PRECIPITACIÓN	**MEDIA CERTEZA** • Só se aprecian tendencias na precipitación total a nivel mensual. Detéctase un descenso significativo en febreiro e un aumento en outubro, o que parece apuntar a un certo cambio na distribución de chuvia ao longo do ano, aínda que o efecto non é suficientemente forte como para repercutir de xeito significativo no total estacional.	**BAIXA CERTEZA** • Estímase que a precipitación podería descender na primavera e aumentar no outono e no inverno, mentres que no verán hai diferenzas espaciais importantes. En calquera caso, a variabilidade temporal é moito maior que no caso da temperatura e os resultados dos modelos son máis heteroxéneos.

Precipitación extrema

ALTA CERTEZA

- Aumentan claramente os episodios de chuvia intensa no outono, mentres que diminúen na primavera. Ademais, constátase unha diminución dos períodos de retorno dos eventos extremos de precipitación, sendo polo tanto máis frecuentes no tempo.

Días de neve

MEDIA CERTEZA

- O número de días de neve diminúe desde os anos 60, pero mostra unha gran variabilidade temporal e un certo carácter cíclico.

Xeada

ALTA CERTEZA

- Apréciase un atraso paulatino nas datas en que teñen lugar as primeiras xeadas e adiantos nas datas en que acontecen as últimas, provocando unha diminución do número de días con xeada por ano desde 1970 ata a actualidade. Este comportamento foi moito máis salientable nas estacións orientais de Galicia.

MEDIA CERTEZA

- No horizonte 2075-2099 as datas en que acontece a última xeada do ano pasarían de ter lugar en abril a acontecer en febreiro-xaneiro, mentres que a primeira xeada pasaría de novembro a decembro. Isto supón que o número de días con xeada ao ano podería chegar a ser practicamente nulo nalgúns puntos de Galicia.

Seca
Indice SPI

ALTA CERTEZA

- Detéctase unha diminución das condicións de seca para os meses de xullo e agosto no período 1961-2006 ou, o que é o mesmo, unha tendencia cara a condicións de incremento lixeiro da precipitación estival. Esta tendencia por termo medio inverte o seu sentido (aumento das condicións de seca) para os meses de febreiro e marzo, nos que a precipitación diminúe.

BAIXA CERTEZA

- As predicións para o intervalo 2075-2099 confirman as evidencias detectadas de seca, aínda que os resultados esperados son moi heteroxéneos.

Balance hídrico

ALTA CERTEZA

- Nos últimos 30 anos, a radiación solar amosa un comportamento pouco definido pero con tendencia á diminución. Obsérvase un aumento da demanda evaporante durante os últimos 30 anos, estimado como media en 50 mm, e sendo o factor de maior importancia neste aumento a temperatura, fronte á radiación.
- O balance hídrico depende da precipitación e da evapotranspiración potencial. As evidencias atopadas amosan unha dependencia funcional determinante coa precipitación, tanto polos valores absolutos como pola variabilidade interanual. Así, as evolucións observadas no déficit e no exceso de auga son explicadas polo comportamento estacional da precipitación.

MEDIA CERTEZA

- Agárdase para o horizonte temporal 2075-2099 un aumento significativo da evapotranspiración, causado principalmente polo incremento de temperatura.
- O déficit hídrico incrementarase moderadamente nos meses de estío como consecuencia do aumento da evapotranspiración.

Índice NAO

ALTA CERTEZA

- Obsérvase un lixeiro incremento do índice NAO nos anos 90, pero a tendencia observada na última década diríxese cara a valores neutros. Polo tanto, as oscilacións observadas entran dentro da variabilidade natural.

ALTA CERTEZA

- Detéctase un incremento do índice NAO, máis notable na segunda metade do século. Este incremento en superficie será máis notable nos escenarios con maior incremento da concentración dos gases de efecto invernadoiro na atmosfera.
- Prevese un desprazamento dos centros de acción da NAO cara ao norte.
- Prevese unha redución nas precipitacións medias anuais e unha posible contribución ao aumento das temperaturas medias, polo reforzamento das condicións anticiclónicas.

Escala sinóptica

ALTA CERTEZA

- Prevese unha diminución de situacións sinópticas de norte e nordeste na primavera e no verán.
- Aumentan as situacións con predominio de fluxo de suroeste no outono. Este aumento sería o responsable do incremento dos episodios de chuvia intensa no outono.

MEDIA CERTEZA

- Posible aumento na frecuencia de aparición de tipos de tempo anticiclónico. Incremento na aparición de tipos de tempo norte e nordés no verán.
- Contribución ao aumento de temperaturas na primavera.
- Contribución á diminución de precipitacións na primavera por mor do aumento na frecuencia de aparición de tempo anticiclónico.

BAIXA CERTEZA

- O descenso das situacións de norte e nordeste na primavera e no verán podería estar relacionado coa diminución do afloramento nas rías galegas.

BAIXA CERTEZA

- Aumento na aparición de tipos de tempo norte e nordés no verán.

ECOSISTEMAS TERRESTRES

Diversos indicadores testemuñan a presenza de cambio climático nos ecosistemas terrestres de Galicia. Algúns deles evidencian modificacións na fauna, na flora, no solo e na auga, con influencia sobre a produción agraria e sobre a fisionomía dos nosos bosques e os posibles riscos que os ameazan. Utilizouse unha gran variedade de indicadores, uns asociados á fenoloxía e á biodiversidade vexetal e animal, e outros relativos á ictiofauna, xunto a outros asociados á sanidade, ao risco de incendios forestais, ás propiedades edáficas e á viticultura. Algúns deles, como a análise dos contidos de ^{13}C dos aneis das árbores, foron claros reveladores dos incrementos do carbono atmosférico nos últimos decenios.

Dada a variedade de ecosistemas terrestres galegos, só é posible nesta fase obter unha visión limitada e preliminar dos posibles efectos do cambio climático sobre estes. A calidade da auga dos ríos galegos e a súa fauna poden sufrir o impacto do cambio negativamente nos próximos decenios, mentres que outras especies animais poden modificar os seus hábitos migratorios. As formacións vexetais naturais tamén poden sufrir alteracións como consecuencia do cambio climático. En xeral, apréciase unha extensión da distribución no espazo da vexetación de tipo mediterráneo e un adianto da floración de certas especies. Algunhas especies vexetais de alta montaña poden ser máis sensibles, mentres que outras se poderán distribuír cara a altitudes máis altas. As carballeiras poderían reducir a súa cobertura espacial e o seu espazo ser ocupado polo cerquiño, mentres que a área potencial da sobreira e da aciñeira se podería incrementar. Un clima con temperaturas máis elevadas suporá un incremento dos efectos asociados aos incendios forestais. Non se coñece con certeza como o novo escenario climático vai afectar ao número de incendios, xa que esta variable está condicionada polas actuacións humanas. Incendios máis severos, combinados con maiores certezas de precipitacións no outono, terían consecuencias máis negativas sobre as riadas e a erosión dos solos. Tampouco é evidente como afectará o cambio á produción agraria e forestal. O estado sanitario de certas especies forestais poderíase ver agravado, afectando así á súa produción forestal. O cambio pode ser favorable no sector da viticultura. Como contraste, a diminución de materia orgánica do solo poderá afectar negativamente á produción vexetal. En relación cos caudais e a dispoñibilidade de auga no solo, as tendencias son pouco definidas, aínda que se podería agardar un lixeiro incremento da seca estival e de finais do inverno.

ICTIOFAUNA CONTINENTAL GALEGA

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Supervivencia e crecemento	**ALTA CERTEZA** • Na reprodución do salmón do Atlántico (*Salmo salar*) nótase un incremento da precocidade na maduración sexual dos machos.	**ALTA CERTEZA** • Prevese unha elevación da temperatura da auga dos nosos ríos de entre 2,5 e 3 °C no período 2075-2099. **MEDIA CERTEZA** • Para o mesmo período, o caudal dos ríos podería diminuír entre un 2% e un 5%. • O aumento da persistencia de temperaturas elevadas da auga durante o verán provocará unha prolongada inhibición na inxestión do alimento e no crecemento dos salmónidos.
	BAIXA CERTEZA • Detéctase unha perda progresiva e substitución da cobertura vexetal dos ríos por cortas ou enfermidades fúnxicas que favorecen a erosión nas crecidas e o aumento de sedimento nos desovadoiros, diminuíndo a supervivencia dos ovos e dos alevíns.	**BAIXA CERTEZA** • O aumento da frecuencia dos picos de caudal nas crecidas extraordinarias pode incrementar a erosión dos depósitos adecuados para a desova, desprazándoos a sectores máis baixos do río con peores condicións de incubación. Deste xeito, esperaríase un incremento da mortalidade dos embrións e eleuteroembrións.
Migracións	**ALTA CERTEZA** • A supervivencia mariña do salmón do Atlántico (*Salmo salar*) diminuíu nos últimos 25 anos. Existen indicios de que, polo menos en parte, se deba ao aumento de temperatura da auga do mar. • O número de salmóns con varios invernos de mar que entran nos nosos ríos reduciu-se notablemente desde os anos 80 e incrementouse a proporción de exemplares cun ano de vida mariña.	**ALTA CERTEZA** • A fecundidade media das poboacións de salmón verase reducida pola diminución do número de ovos/femia nos exemplares con menor duración da súa etapa mariña. • A taxa de iteroparidade diminuirá drasticamente pola menor certeza de supervivencia dos salmóns "zancados" con menor número de invernos de mar.
		BAIXA CERTEZA • A redución do caudal en períodos de estiaxe pode limitar as migracións augas abaixo das etapas xuvenís das especies anádromas (larvas de cupleidos, "andoriños" de salmónidos e posmetamórficos de lampreas).

Estrutura da comunidade

MEDIA CERTEZA

- Nos últimos 30 anos, percíbese un incremento da dominancia das especies máis termófilas (ciprínidos), fronte ás estenotermas de augas frías: salmón e troita. Estes cambios poderían estar correlacionados co incremento da temperatura da auga durante a primavera e o verán.

MEDIA CERTEZA

- O incremento de temperatura primaveral coincide co período de reprodución de ciprínidos e centrárquidos, facilitando o desenvolvemento e crecemento postembrionario das especies autóctonas máis termófilas, pero tamén das especies alóctonas.

Estrés ambiental

ALTA CERTEZA

- As alteracións antrópicas non climáticas poden representar un papel determinante a nivel da estrutura das comunidades acuáticas e do funcionamento do ecosistema.
- Nos frecuentes casos de contaminación orgánica, as comunidades presentes neles vense sometidas aos elevados custos metabólicos dos procesos de detoxificación.

ALTA CERTEZA

- Os cambios ambientais de temperatura e caudal poden exacerbar a situación por toxicidade en casos de contaminación orgánica, diminuíndo a solubilidade do oxíxeno e incrementando a presenza de tóxicos, de maneira que se superen os límites subletais de aclimatación.

Interferencias no ecosistema

MEDIA CERTEZA

- O aumento da frecuencia de eventos extremos facilita o desenvolvemento de proliferacións de cianobacterias extremófilas tóxicas.
- O curso clínico das infeccións víricas, bacterianas, fúnxicas e parasitarias nos peixes pode estar influído decisivamente polas variacións da temperatura da auga.
- O quentamento da superficie da auga en encoros facilita a estratificación vertical durante maiores períodos de tempo.

MEDIA CERTEZA

- Refórzase a interferencia por cianotoxinas na estrutura e funcionamento do ecosistema acuático, en todos os seus niveis de organización.
- É posible que se produza un aumento da prevalencia de determinadas patoloxías que se ven favorecidas polo incremento da temperatura.
- Os cambios de calidade da auga en períodos de estratificación poden orixinar mortalidades de peixes en condicións de baixa precipitación e diminución do nivel dos encoros.

MATERIA ORGÁNICA DO SOLO

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Materia orgánica	**ALTA CERTEZA** • Obsérvase nos últimos trinta anos unha diminución de materia orgánica do 20-30% nos solos con cultivos intensivos que non foron corrixidos con achegas de fertilizantes orgánicos.	**MEDIA CERTEZA** • Para o período 2075-2099 prevense reducións de entre o 60 e o 70% na materia orgánica dos solos de cultivo que non foron tratados con fertilizantes orgánicos.

FENOLOXÍA - ESPECIES VEXETAIS

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Castiñeiro Floración	**ALTA CERTEZA** • Observouse unha tendencia ao adianto nas datas de floración de 17 días como media desde 1970 e na actualidade está acontecendo no mes de xullo.	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte 2075-2099 prevese un adianto da floración do castiñeiro da orde dos 75 días.
Sabugueiro Floración	**ALTA CERTEZA** • Nos últimos trinta anos obsérvase un adianto na floración duns 25-39 días nas estacións máis interiores, Montaos e Loureses (na actualidade acontece en xuño), fronte a un atraso duns 11 días nas estacións máis costeiras, Salcedo e Guillarei (na actualidade no mes de febreiro).	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte 2075-2099 para as zonas interiores de Galicia espéranse adiantos entre 110 e 169 días na floración, o que supón o paso desta fenofase ao período comprendido entre os meses de decembro e marzo. Nas zonas máis occidentais producirase un atraso significativo da floración, trasladándose ao mes de marzo.
Sabugueiro Saída da folla	**ALTA CERTEZA** • Observáronse adiantos de 13 días, como termo medio, na data de saída da folla para o sabugueiro desde 1970, que na actualidade ten lugar no mes de marzo.	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte 2075-2099 adiantaríase a saída das follas desta especie vexetal, tendo lugar como termo medio 58 días antes.
Sabugueiro Caída da folla	**ALTA CERTEZA** • Nos últimos trinta anos obsérvase un adianto na caída das follas duns 8-16 días nas estacións máis interiores, Montaos e Loureses (na actualidade acontece en novembro), fronte a un atraso duns sete días na estación máis costeira, Salcedo (na actualidade no mes de decembro).	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte 2075-2099 obsérvanse tendencias opostas no comportamento das datas de ocorrencia desta fenofase para o sabugueiro. No caso do interior, existirán atrasos superiores a dous meses, pasando a darse no mes de xaneiro, mentres que para as zonas costeiras sucede o contrario, adiantándose a caída das follas ao mes de novembro.

FENOLOXÍA - ESPECIES ANIMAIS

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Andoriñas Chegadas	**ALTA CERTEZA** • A chegada das andoriñas á comunidade galega, na actualidade, ten lugar no mes de marzo e vén experimentando adiantos paulatinos desde 1970 ata a actualidade da orde dos 14 días.	**MEDIA CERTEZA** • Para finais deste século, a data de chegada desta especie adiantarase de forma significativa, máis de 60 días.
Andoriñas Migración	**ALTA CERTEZA** • Ao contrario que no caso da data de chegada desta especie, a emigración das andoriñas presenta un atraso da orde de 19 días desde 1970. Na actualidade acontece no mes de setembro.	**MEDIA CERTEZA** • Para finais deste século prognostícase que as andoriñas estarán en Galicia ata novembro, é dicir, a súa emigración terá lugar dous meses máis tarde que na actualidade.
Bolboreta da col 1ª vez en voo	**ALTA CERTEZA** • A data de aparición por primeira vez en voo da bolboreta da col amosa unha tendencia ao adianto de 38 días desde 1970. Na actualidade a primeira vez que se ve en voo esta especie é no mes de marzo.	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte 2075-2099 prognostícanse adiantos moi significativos, mesmo de varios meses.

VITICULTURA

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Vide Floración	**ALTA CERTEZA** • Obsérvase un adianto da orde de 15-20 días desde 1970 ata 2004 nas datas de floración da vide, que na actualidade ten lugar no mes de xuño.	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte 2075-2099 prevense adiantos nas datas de floración da vide da orde de 80 días.
Vide Maduración	**ALTA CERTEZA** • A data de maduración na actualidade é no mes de setembro e vén experimentando adiantos desde 1970 da orde de 15 días.	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte 2075-2099 a data de maduración da vide podería sufrir adiantos duns 60 días, polo que podería chegar a producirse xa no mes de agosto.
Relación agromadas/xeadas	**ALTA CERTEZA** • No período 1958-2007, as diferentes variedades do Ribeiro pasaron de agromar dentro do período con risco de xeadas (agás a treixadura) a facelo todas, na maioría dos anos, fóra deste período.	• As agromadas deberán de producirse na maioría dos anos despois da última xeada polo adianto que experimentaría esta última.
	¿Que está pasando? (EVIDENCIAS)	**¿Que podería pasar? (IMPACTOS)**
Índice Winkler	**ALTA CERTEZA** • Nos últimos 35-45 anos o índice de Winkler incrementouse en 100 unidades en Lourizán (Rías Baixas) e en 250 en Ourense (Ribeiro), polo que en ambos os dous casos mellorou sensiblemente a potencialidade viticultora das zonas.	**MEDIA CERTEZA** • Este índice acadará o valor da potencialidade de alta (2204) nas Rías Baixas por debaixo dos 290 metros, no Ribeiro por debaixo dos 300 m e na Ribeira Sacra por debaixo dos 385 m. É probable que viños ben adaptados a valores do índice inferiores aos 1.500, como acontece con moitas castes tradicionais en Galicia, poidan ter problemas de calidade por exceso de termicidade.

BIODIVERSIDADE VEXETAL

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Condicionantes climáticos (índice de termicidade de Rivas)	**ALTA CERTEZA** • O índice de termicidade de Rivas infórmanos sobre o tipo de clima existente nunha rexión a partir dunha relación entre as temperaturas medias máximas e mínimas rexistradas. Os diferentes pisos altitudinais deste índice T (termotépedo, mesotépedo, supratépedo e mesomediterráneo) experimentaron no período 1975-2005 un ascenso en altitude entre 50 e 90 metros.	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte 2075-2099 seguirá o ascenso do índice, que se localizará altitudinalmente sobre 300-400 metros máis elevado. Por outra parte, termotipos de maior termicidade, hoxe non presentes en Galicia, farán a súa aparición.

FISIONOMÍA DOS BOSQUES

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
FISIONOMÍA	**ALTA CERTEZA** • A zona costeira galega mostra un maior aumento da mediterraneidade, mentres que o interior aparenta ser máis estable.	**ALTA CERTEZA** • Agárdase un cambio de paisaxe na franxa costeira e a zona sudoriental, onde as especies de tipo loureiro e mediterráneas poderán estenderse cara ao interior. Asociado a iso, pode producirse unha contracción da área de presenza do carballo, mentres que o cerquiño podería expandirse. **MEDIA CERTEZA** • Espérase un impacto maior na flora occidental galega. • A sobreira podería instalarse nunha área maior e, en menor grao, a aciñeira.

INCENDIOS FORESTAIS

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
ÍNDICE DE INCENDIOS	**ALTA CERTEZA** • Os índices de perigo de incendios amosaron unha tendencia clara ao empeoramento nos últimos decenios. • Esta tendencia foi máis pronunciada no sur e no interior de Galicia e tamén máis marcada na época de perigo invernal (marzo) que no verán. **MEDIA CERTEZA** • Aínda que son moitos os factores que interveñen no número de incendios e a superficie queimada por estes, apreciouse un progresivo incremento en ambos os dous parámetros, particularmente no primeiro deles, sobre todo na época de seca invernal (marzo).	**ALTA CERTEZA** • Os incendios poderán facerse máis rápidos e intensos no futuro, especialmente nos períodos libres de choiva e na época de seca invernal, incrementándose tamén os focos secundarios. Este patrón contribuiría ao aumento da emisión de gases de efecto invernadoiro. • Os lumes poderán consumir máis materia orgánica do solo, agravándose as consecuencias negativas sobre a recuperación da vexetación e os efectos erosivos e hidrolóxicos. **MEDIA CERTEZA** • A igualdade doutros factores influentes, o número e a superficie queimada polos lumes podería incrementarse.

SANIDADE FORESTAL

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
SUPERVIVENCIA E CRECEMENTO	**ALTA CERTEZA** • Algunhas especies arbóreas autóctonas e mesmo exóticas presentan enfeblecementos a causa das epidemias e endemias vencelladas as anomalías climáticas presentes en Galicia nestes últimos anos.	**MEDIA CERTEZA** • Algunhas especies arbóreas, as menos termófilas, poderían chegar a desaparecer. • Algunhas especies poderían facerse pouco interesantes para a seu aproveitamento polas problemáticas sanitarias que fan perder a súa capacidade produtiva. **BAIXA CERTEZA** • Mantendo esta tónica durante períodos de tempo máis longos dos que polo de agora están acontecendo, asistiriamos a cambios na paisaxe forestal galega.

ECOSISTEMAS MARIÑOS

Na segunda metade do século XX, en Galicia observouse un incremento da temperatura superficial do mar de 0,2 °C/década, un descenso de pH de 0,052 unidades/década e unha diminución do 30% na duración e do 45% na intensidade do afloramento que probablemente contribuíron a duplicar o tempo de renovación das rías e a reducir a produción neta da plataforma continental nun 50% e das rías nun 15%. No fitoplancto rexistráronse a diminución das diatomeas e o incremento dos dinoflaxelados. No caso do zooplancto, observouse unha diminución da biomasa no océano e incremento na costa. Tamén se observou un incremento das especies de augas cálidas, non só no zooplancto, senón tamén nos peixes, e un incremento continuado da produción de percebe "alongado", sen interese comercial. Igualmente, parece que a taxa de crecemento e a calidade dos mexillóns amosaron un descenso nas últimas décadas, mentres que o período de extracción se reduciu debido ao aumento da presenza de microalgas nocivas. A poboación de sardiña ibérica presentou unha diminución a longo prazo acompañada de amplas oscilacións decadais. Do mesmo xeito, as capturas de polbo reducíronse significativamente seguindo os cambios na frecuencia e intensidade dos ventos nos períodos de afloramento e afundimento.

As predicións para o horizonte dos anos 2075-2099 apuntan a un incremento da temperatura superficial da auga entre 1 e 3 °C e a un descenso de pH en torno a 0,35 unidades. Estes efectos producirán cambios na configuración da costas, afectando á distribución dos moluscos explotados nos bancos marisqueiros. Igualmente, favorecerán a chegada ás costas galegas de especies de peixes subtropicais e a migración cara a latitudes maiores de especies propias de sistemas tépedos. Por último, a acidificación pode chegar a ter un impacto relevante sobre a fecundación, o desenvolvemento larvario, o crecemento e a calcificación dos moluscos bivalvos explotables. Desafortunadamente, as predicións sobre a evolución do réxime de ventos costeiros son pouco fiables, o que impide ter predicións robustas sobre aquelas variables máis dependentes da frecuencia e intensidade do afloramento, tales como a taxa de renovación das rías ou a súa fertilización, que á súa vez exercen un efecto directo sobre aspectos tales como a abundancia, a composición e a actividade do fitoplancto e do zooplancto, o recrutamento da sardiña e o polbo ou o crecemento e a calidade do mexillón.

VARIABLES FISICOQUÍMICAS

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Temperatura do mar	**ALTA CERTEZA** • No océano adxacente a Galicia a temperatura superficial media aumentou a unha taxa media de 0,2 °C/década desde o ano 1960, acelerándose desde 1975 a unha taxa de 0,3 °C/década. • A diferenza media de temperatura entre o sur de Portugal e o norte de Galicia, un dos motores da corrente ibérica cara ao Polo, diminuíu 0,1 °C/década desde o ano 1960 ata a actualidade. **MEDIA CERTEZA** • Desde 1990 observouse unha leve diminución da temperatura da capa de auga subsuperficial (profundidades maiores de 50 m) na plataforma fronte ás Rías Baixas.	**ALTA CERTEZA** • No horizonte dos anos 2075-2099 a temperatura media da capa superficial no océano adxacente a Galicia estará entre 1 °C e 3 °C por riba dos valores actuais.
Capa de mestura invernal	**MEDIA CERTEZA** • Desde o ano 1960, a temperatura da capa de mestura invernal incrementouse en 0,6 ± 0,2 °C a 42° N e en 0,9 ± 0,2 °C a 45° N, o que implica unha redución do 45% e 31% da concentración de nitrato dispoñible para a proliferación primaveral de fitoplancto.	**BAIXA CERTEZA** • Se as relacións nitrato-temperatura actuais se manteñen no horizonte dos anos 2075-2099, un incremento da temperatura da capa de mestura invernal entre 1 e 3 °C produciría un descenso da concentración de nitrato entre o 30% e o 90% en 45° N, mentres que en 42° N estaría practicamente esgotado.
Afloramento	**ALTA CERTEZA** • Desde o ano 1965 ata a actualidade observouse unha redución da extensión do período favorable de ventos costeiros de compoñente nordeste do 30% e unha redución da súa intensidade media do 45%.	
Taxa de renovación das rías	**MEDIA CERTEZA** • Desde o ano 1965 ata a actualidade o tempo medio de renovación das Rías Baixas durante o período favorable ao afloramento aumentou de 10 a 20 días.	
PH	**ALTA CERTEZA** • No océano adxacente a Galicia o pH das augas superficiais diminuíu a unha taxa media de 0,052 unidades/década desde o ano 1975 ata a actualidade.	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte dos anos 2075-2099 o pH medio das augas superficiais das rías estaría 0,35 unidades por debaixo do valor actual. En termos de saturación de $CaCO_3$, significa que as rías estarían saturadas ao 100%-130% respecto da aragonita e ao 150%-200% respecto da calcita.
Produción neta do ecosistema	**MEDIA CERTEZA** • Desde o ano 1965 ata a actualidade tense inferido un descenso da produción neta do ecosistema de plataforma continental do 50% e do ecosistema de rías do 15% sobre a base dos cambios observados no afloramento costeiro.	

RECURSOS

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Fitoplancto	**ALTA CERTEZA** • Desde o ano 1958 ata a actualidade tense observado unha diminución da abundancia de diatomeas e un incremento da de dinoflaxelados.	**BAIXA CERTEZA** • A previsible evolución da temperatura e o réxime de ventos propiciarán a progresiva substitución dunha comunidade dominantemente autótrofa por unha dominantemente heterótrofa, co conseguinte descenso da produtividade total.
	MEDIA CERTEZA • Non se atoparon tendencias claras na biomasa nin na produtividade total, pero si na produtividade neta do ecosistema tanto de rías (descenso dun 15% en 40 anos) como de plataforma (descenso dun 50% en 40 anos).	• De continuar a tendencia ao aumento da temperatura superficial e o descenso da extensión e intensidade do período de aflorامento, produciranse cambios na abundancia, composición de especies e distribución de tamaños da comunidade de fitoplancto.
Zooplancto	**ALTA CERTEZA** • Desde o ano 1958 ata a actualidade produciuse unha diminución significativa da biomasa e dos copépodos no océano e un incremento equivalente na costa. • Paralelamente, incrementouse a presenza e abundancia de especies de augas cálidas.	**MEDIA CERTEZA** • Os previsibles cambios que ocorrerán na comunidade de fitoplancto provocarán igualmente cambios na composición de especies da comunidade de zooplancto, nas que as especies de augas cálidas serán cada vez máis dominantes.
		BAIXA CERTEZA • Aumento da biomasa na costa.
Peixes	**ALTA CERTEZA** • Desde o ano 1996 ata a actualidade tense observado un incremento significativo na presenza de peixes mariños característicos de latitudes subtropicais e tropicais, destacando o caso do peixe corneta encarnado.	**ALTA CERTEZA** • Aumentará a abundancia das especies de peixes tropicais que se teñen observado na actualidade e aparecerán especies novas paralelamente ao aumento da temperatura das augas no océano adxacente a Galicia.
	MEDIA CERTEZA • Desde o ano 1996 ata a actualidade tense observado un descenso da presenza de peixes mariños característicos de latitudes subpolares. • Peixes tales como o peixe porco, o linguado de pintas ou a xarda pintada, antes escasos, agora péscanse comercialmente. Pola contra, o descenso das capturas de solla nos últimos 10 anos non é atribuíble á sobrepesca.	**MEDIA CERTEZA** • Diminuirá a abundancia de peixes característicos de latitudes boreais, deixando de ser comercial a súa explotación. • Aumentará a abundancia de especies de peixes pequenos e de crecemento rápido e diminuirán as especies de peixes grandes e de crecemento lento.

Mexillón

MEDIA CERTEZA

- Desde 1965 ata a actualidade tense inferido unha diminución do crecemento individual na fase de preengorde do mexillón cultivado na ría de Arousa do 20%.
- Desde 1965 ata a actualidade observouse que se duplicou o número de días que non se pode extraer mexillón pola presenza de especies tóxicas de fitoplancto.

MEDIA CERTEZA

- Diminución do crecemento individual (-50% no período 2075-2099) e do índice de condición (-10%).
- Diminución do período de explotación (ata -70 días) no mesmo período.

BAIXA CERTEZA

- Efectos negativos sobre a fecundidade, o desenvolvemento larvario, o crecemento e a calcificación dos moluscos bivalvos explotables.
- Aumento da mortalidade larvaria nas riadas.

Sardiña

MEDIA CERTEZA

- Desde 1947 ata a actualidade observouse unha diminución das poboacións a longo prazo acompañada de amplas oscilacións decadais.

MEDIA CERTEZA

- Diminución da abundancia en augas de Galicia e desprazamento das poboacións cara ao norte a consecuencia do quentamento das augas entre 1 °C e 3 °C no horizonte 2075-2099.

BAIXA CERTEZA

- Nun escenario de incremento de afloramentos invernais é esperable que o recrutamento de sardiña diminúa, mentres que nun escenario de diminución do afloramento no verán descenderá o crecemento e a reprodución das sardiñas adultas, co último efecto de diminuír a poboación e previsiblemente tamén as capturas.

Polbo

ALTA CERTEZA

- Desde 1994 ata a actualidade tense observado un descenso significativo das capturas de polbo, que se explica a partir dos cambios interanuais observados na frecuencia e intensidade do vento nos períodos favorables ao afloramento e ao afundimento.

BAIXA CERTEZA

- Aínda que en xeral as previsións reflectirían un impacto negativo nas capturas, o grao de fiabilidade deste efecto é baixo, dado que a resultante dependería do balance entre intensidade e frecuencia dos ventos, especialmente de outubro a marzo.

ECOSISTEMAS LITORAIS

As costas en xeral, e as de Galicia en particular, están sometidas a procesos que actúan en ritmos evolutivos e tempos diferenciados. Así, na segunda metade do século XX detectouse un ascenso do nivel do mar de entre 2,0 e 2,5 cm/década, que é esperable que sexa de entre 0,5 e 1,4 metros no período 2075-2099. O comportamento dos areais é moi diferente do das costas rochosas e dentro destas non é igual o que se produce nunha área de cantís que nunha costa baixa. Nas costas rochosas dominan hoxe en día os desprendementos, colapsos e desprazamentos rotacionais, que afectan tanto aos depósitos como ás rochas do substrato. Obsérvase un maior dinamismo naquelas áreas dominadas por rochas fracturadas e meteorizadas e menos nas que o substrato é máis compacto. Malia que en toda a costa aparecen as pegadas da inestabilidade, esta é maior no tramo de costa que se prolonga entre o cabo Ortegal e Malpica. A análise comparativa entre as imaxes do litoral no ano 2001 e a actualidade indican a existencia de erosión. Non obstante, os episodios de maior intensidade erosiva parecen vir marcados máis pola existencia en momentos puntuais de altas precipitacións ou temporais que polo aumento do nivel mariño, que aínda está lonxe de acadar o que había no último período interglaciar Eemiense (hai uns 120.000 anos aproximadamente). O previsible incremento do nivel do mar propiciará os procesos de erosión das praias e a migración dos sistemas dunares cara ao interior alí onde non existen edificacións.

A ausencia de datos históricos coherentes a longo prazo impide avaliar adecuadamente a existencia de evidencias sobre o impacto do cambio climático nos ecosistemas litorais. A única serie de longo prazo que puido ser analizada, correspondente a grandes peixes costeiros, mostra cambios drásticos na súa abundancia pero que non poden ser asociados ao cambio climático debido ao efecto que a pesca e as alteracións do hábitat poden ter sobre estes organismos. Por outra banda, existen evidencias de que o cambio climático reduciu a distribución de especies de algas propias de augas frías que forman hábitats claves na zona costeira e, por tanto, pode orixinar un importante impacto sobre as comunidades biolóxicas asociadas. No futuro continuarase coa tendencia observada de incremento de percebe de baixa calidade.

MORFODINÁMICA COSTEIRA

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Nivel do mar	**ALTA CERTEZA** • O nivel do mar ascendeu nas costas galegas entre 2,0 e 2,5 cm por década desde 1940 ata a actualidade.	**MEDIA CERTEZA** • No horizonte dos anos 2075-2099 o nivel do mar estará entre 0,5 e 1,4 m por riba do nivel actual, dependendo da velocidade a que se produza a fusión dos xeos sobre terra firme.
Erosión das costas	**ALTA CERTEZA** • Evidencias de desprendementos, colapsos e desprazamentos rotacionais.	**ALTA CERTEZA** • Aceleración dos movementos en masa, especialmente se aumentan os temporais.
Erosión das praias	**MEDIA CERTEZA** • Erosión sistemática dos sistemas de praia pola escaseza de achegas continentais.	**ALTA CERTEZA** • Aceleración dos procesos de erosión por mor do incremento do nivel do mar.
Destrución dos sistemas dunares	**MEDIA CERTEZA** • Erosión dos sistemas dunares tanto por mor da erosión mariña como pola falta de achegas sedimentarias á praia.	**ALTA CERTEZA** • A destrución dos sistemas de praia vai traer consigo a migración dos sistemas dunares cara ao interior alí onde non existen edificacións. • Nos lugares construídos, onde as dunas son escasas, estas desaparecerán.
Desaparición de lagoas		**ALTA CERTEZA** • A erosión dos sistemas dunares levará consigo a apertura ou colmatación das lagoas.

COMUNIDADES BIOLÓXICAS

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Peixes costeiros	**BAIXA CERTEZA** • Diminución nos indicadores de abundancia de especies comerciais no período 1953-2007. O número de individuos reduciuse nun 44% e a biomasa nun 74% ao longo deste período. • Diminución dun 35% no tamaño corporal das especies comerciais no período 1953-2007 en Galicia.	**BAIXA CERTEZA** • A curto prazo, son esperables alteracións importantes na estrutura do ecosistema costeiro logo da diminución das especies clave de niveis tróficos elevados (depredadores superiores). Estes cambios non poden ser asociados especificamente a un efecto do cambio climático, sendo moito máis probable o efecto da explotación humana e das alteracións do hábitat.

Macroalgas bentónicas

ALTA CERTEZA

- Evidencias de diminución global da área de distribución das pradarías de macroalgas laminariales ao longo de toda a costa galega no período 1876-2001. Estímase a desaparición do 68% das poboacións con variacións de presenza rexistradas.

ALTA CERTEZA

- A curto prazo é esperable a continuación da redución da área de distribución das macroalgas laminariais e, por tanto, das súas comunidades asociadas. Poderán producirse novas extincións locais de poboacións.

Marisqueo

MEDIA CERTEZA

- Desde o ano 1960 ata a actualidade tense observado unha relación negativa entre as vendas dalgunhas especies marisqueiras e os episodios de precipitación extremos.
- Desde 1994 obsérvase un incremento do percebe morfotipo alongado de menor valor comercial.

BAIXA CERTEZA

- Incremento da mortalidade de moluscos, especialmente do berberecho e da cadelucha, por riadas.
- Incremento da abundancia de percebe morfotipo alongado de baixa calidade.

ECONOMÍA

Avalíanse os posibles efectos económicos do cambio climático sobre dous sectores produtivos de relevancia na economía galega: a pesca e o turismo. Polo que respecta á actividade pesqueira, seleccionouse a pesqueira de sardiña iberoatlántica por ser unha pesqueira especialmente sensible a cambios medioambientais e pola súa importancia nas comunidades costeiras de litoral. A partir da sensibilidade da biomasa de sardiña a flutuacións nas condicións oceanográficas, analizaranse os impactos no rendemento económico da pesqueira derivados dun posible cambio nas condicións de temperatura do océano.

Os resultados de predicións para o período 2009-2030 mostran que, de manterse a tendencia de quentamento na auga superficial do caladoiro iberoatlántico en 0,27 °C/década, os beneficios esperados descenderán nun 1,3% anualmente nese período. En relación co turismo, a partir dos cambios esperados na climatoloxía no ámbito español –principal orixe da demanda de turismo en Galicia–, analízanse os cambios nas preferencias turísticas. Os resultados obtidos mostran que a demanda de viaxes e número de pernoitas no litoral galego aumentarían no novo escenario climático nun 220%.

ECONOMÍA

	¿QUE ESTÁ PASANDO? (EVIDENCIAS)	¿QUE PODERÍA PASAR? (IMPACTOS)
Pesca (p. sardiña)	**ALTA CERTEZA** • Nas últimas décadas obsérvase un descenso de biomasa de peixes e de capturas. • Diminuíron os beneficios debido tamén a un incremento dos custos.	**MEDIA CERTEZA** • Nas primeiras décadas do século prevese un incremento da temperatura da auga superficial do mar nos caladoiros de 0,27 °C/década, polo que se espera que diminúan as capturas e o rendemento económico nun 1,3%.
Turismo	**ALTA CERTEZA** • Os turistas que visitan Galicia proceden principalmente do resto de España. • Estes turistas deciden visitar Galicia nas súas vacacións baseándose, fundamentalmente, na súa paisaxe e climatoloxía.	**MEDIA CERTEZA** • A mellora na climatoloxía e a conseguinte prolongación da temporada estival (menos choivas e máis temperatura) induciría un incremento no número de visitas e na duración destas. As pernoitas incrementaríanse nun 220%.

XUNTA DE GALICIA

CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE
E DESENVOLVEMENTO SOSTIBLE