



Estrategias para la adaptación del Cambio Climático en el sector agroforestal.



Índice

1. Antecedentes y objeto del informe.....	3
2. Descripción del ámbito geográfico.....	5
1. Localización.....	5
2. Vegetación.....	6
3. Fauna.....	7
4. Demografía.....	8
5. Actividad económica.....	8
6. El sector agroforestal en Galicia.....	9
1. Subsector ganadero.....	9
2. El subsector hortícola.....	11
3. El subsector vitícola.....	12
4. El subsector forestal.....	13
3. El clima de Galicia.....	14
1. Introducción.....	14
2. El contexto latitudinal de Galicia.....	17
3. El concepto de clima.....	17
4. Tipos de tiempo en Galicia.....	18
5. La precipitación en Galicia.....	20
6. La temperatura en Galicia.....	22
7. La evapotranspiración potencial en Galicia.....	24
8. El balance hídrico en Galicia.....	24
9. Dominios ombrotérmicos en Galicia.....	25
4. El Cambio Climático en Galicia.....	27
1. Introducción.....	27
2. Retos y oportunidades del Cambio Climático.....	28
3. Modelos climáticos y escenarios de emisiones.....	28
4. Evidencias del Cambio Climático en Galicia.....	32
5. El Cambio Climático en Galicia. Temperatura.....	34
6. El Cambio Climático en Galicia. Precipitación.....	37
7. El Cambio Climático en Galicia. Días de nieve.....	40
8. El Cambio Climático en Galicia. Análisis del riesgo de heladas.....	41
9. El sector agroforestal y el Cambio Climático.....	43
10. El Cambio Climático en Galicia. Recursos edáficos.....	46
1. Introducción.....	46
2. Efecto del cambio climático sobre la materia orgánica del suelo en Galicia.....	48
3. Efectos del cambio climático sobre la comunidad microbiana y faunística del suelo.....	50
4. Principales opciones adaptativas.....	51
11. El Cambio Climático en Galicia. Sector vinícola.....	52
1. Introducción.....	52
2. Evidencias e impactos.....	53
3. Posibles medidas adaptativas.....	57
4. Consecuencias del Cambio Climático sobre la uva y su calidad.....	58
12. El Cambio Climático en Galicia. Especies vegetales cultivadas.....	59
13. El Cambio Climático en Galicia. La horticultura gallega.....	64
14. El Cambio Climático en Galicia. Sector forestal.....	68
1. Introducción.....	68
2. Sanidad forestal y Cambio Climático.....	70
3. Pérdida de diversidad florística en Galicia.....	76
4. Variación en la producción neta de los ecosistemas forestales.....	77
5. El sector forestal como sumidero de carbono.....	78
15. El Cambio Climático en Galicia. Incendios forestales.....	79
17. Resumen del “Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre el tema «El cambio climático y la agricultura en Europa».....	90
18. Resumen del Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre el tema «El papel de los bosques y el sector forestal en el cumplimiento de los compromisos de la UE en la lucha contra el cambio climático».....	94



1. Antecedentes y objeto del informe

La Tierra está a experimentar modificaciones en el sistema climático de extraordinaria magnitud y velocidad que se asocian, más allá de cualquier duda razonable, con la movilización masiva de carbono desde los combustibles fósiles hacia la atmósfera. Es justo este carbono acumulado en la atmósfera en forma de gas de efecto invernadero dióxido de carbono el responsable de la mayor parte del calentamiento registrado en el planeta, 0,74 °C a lo largo del pasado siglo, y es previsible que el calentamiento de la atmósfera continúe con incrementos de 1,4 a 5,8 °C durante el siglo XXI.

Galicia no es ajena al proceso de cambio climático, siendo probable que este se constituya en un factor condicionante de la sostenibilidad del desarrollo de nuestro país. Para afrontar este fenómeno, son necesarias distintas estrategias, enfrentándose a la causa del fenómeno, intentando reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otra, fomentando la investigación sobre el cambio climático en Galicia. En tercer lugar, potenciando la educación, la información y la cooperación en el campo del cambio climático. Y por último, favoreciendo la adaptación de nuestra sociedad a los cambios previsibles en los sistemas naturales, económicos y sociales potencialmente afectados en el país, con la finalidad de reducir los impactos negativos identificados y aprovechar las oportunidades que del propio cambio pudieran derivar. Para poder conseguir este último objetivo, hace falta evaluar las evidencias del cambio climático, así como sus impactos previsibles sobre los ecosistemas naturales y explotados de Galicia.

La certeza científica de que el cambio climático es una realidad y, por lo tanto, de que es necesario convivir con él, nos conduce a compatibilizar las acciones dirigidas a reducir las emisiones con otras encaminadas a estudiar las posibilidades de adaptación a las nuevas condiciones ambientales que caracterizarán Galicia en las próximas décadas. Los nuevos escenarios generados por este fenómeno global darán lugar a impactos negativos en nuestros ecosistemas y sectores productivos y, al mismo tiempo, a una serie de oportunidades que podrán ser aprovechadas si conseguimos el suficiente nivel de conocimiento científico y capacidad prospectiva acerca de la evolución de las condiciones ambientales de Galicia y sus efectos sobre los sistemas naturales a lo largo de las próximas décadas.

El Cambio Climático se está convirtiendo en uno de los grandes retos a los que la humanidad deberá enfrentarse en los años venideros. Debido a su impacto en la producción, distribución y acceso a los alimentos, podría llegar a ser una seria amenaza para la seguridad alimentaria a nivel mundial.

Los cambios anómalos en la temperatura y las lluvias, así como el aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías e inundaciones, están teniendo implicaciones a largo plazo en la productividad y la propia viabilidad de los ecosistemas agrícolas mundiales.

En nuestro país existen muchos equipos de investigación y expertos de distintos organismos, universidades e instituciones que desarrollan su actividad en la evaluación



de impactos del cambio climático en el sector agroforestal. Este informe, incluido dentro del proyecto LIFE+”Cambiar o Cambio”, tiene por objeto integrar y revisar todos estos estudios y poner al día el estado de conocimiento que existe sobre este tema y analizar las posibles medidas de mitigación y adaptación para el sector agroforestal en Galicia. El documento está, por tanto, centrado en la situación de Galicia y en concreto en el sector agroforestal y orientado a facilitar la toma de decisiones en relación a las medidas de mitigación y adaptación en el sector agroforestal. No obstante, se tiene presente el contexto multilateral en el que es necesario adoptar soluciones a medio y largo plazo.

En relación al clima y a la agricultura, la repercusión del mismo sobre la actividad agraria y el medio rural, reviste una enorme importancia, sus fluctuaciones anómalas fueron al largo de la historia factor desencadenante de hambre, enfermedades y plagas, elevadas tasas de mortandad o éxodos migratorios. Los desastres provocados por las anomalías climáticas implican también fuertes pérdidas económicas en el sector agrario y en el medio rural, de manera que la preocupación por el aprovechamiento del clima como un recurso natural cuenta ya con una tradición dilatada.

Los efectos de la variabilidad climática pueden ser dramáticos y dejar una huella fácilmente discernible, como en el caso de una gran tormenta, pero, por otra parte, pueden ser silenciosos y difícilmente reconocibles, como las grandes sequías, cuyos efectos destructores suelen tardar meses y mismo años en hacerse patentes.

De esta forma, la posibilidad de conocer mejor nuestro clima y entender los procesos que gobiernan su variabilidad y su relación con el medio rural y el sector agrícola, se convierte en un objetivo estratégico para la población rural y para la sociedad en general. Con eso se gana capacidad anticipatoria al crear posibilidades de predecir la evolución del clima y, por tanto, de elaborar medidas de protección contra los riesgos. Pero, por otra parte, los permiten optimizar las oportunidades de aprovechamiento del clima como un valioso recurso y de adoptar medidas para protegerlo.

La agricultura y el medio rural en general sufrirán cambios variados y no homogéneos a lo largo de nuestra geografía que, en todo caso, requerirá un ajuste de las cosechas a las condiciones nuevas conforme éstas vayan presentándose. La demanda de agua para el riego es muy probable que aumente aunque las productividades no tienen por qué verse comprometidas. La adaptación de la agricultura se basará en la adaptación de los cultivos a las nuevas situaciones, sobre todo el ajuste de los cultivos anuales.

Por otra parte, la rentabilidad de las explotaciones ganaderas puede verse afectada por el efecto nocivo de las altas temperaturas sobre el ganado, así como por la disminución de la productividad de las zonas pascícolas. Las altas temperaturas afectarán a las plagas y enfermedades, tanto de los cultivos como del ganado, modificando la temporalidad, frecuencia e intensidad de las mismas. Parte de las medidas adaptativas en la ganadería irán orientadas a reducir las cargas pastantes para evitar la degradación de los pastos.

Por otro lado, el Informe pretendía incorporar procesos participativos que implicaran a los profesionales del sector agroforestal en las medidas de mitigación y adaptación que se plantearan en el mismo, buscando ser un foro de participación y debate en todas las cuestiones relacionadas con el medio rural y el Cambio Climático.



La identificación de los agentes interesados y el establecimiento de los procesos de participación deben realizarse en las primeras etapas de cada uno de los proyectos de evaluación de los impactos del cambio climático que se desarrollen en los diferentes sectores. Es importante que el propio proceso de identificación de los interesados sea participativo e iterativo, y que se definan de forma clara y transparente los papeles y las responsabilidades de cada grupo. En las fases de diseño y desarrollo de los proyectos de evaluación de impactos, llevados a cabo por los expertos designados para ello, la participación de los interesados debe retroalimentar el trabajo en curso. La presentación y debate de los resultados de los proyectos con todos los interesados forma parte de la verdadera adaptación al cambio climático, pues constituye un proceso de evaluación de la viabilidad de las opciones y medidas identificadas para integrarlas en la gestión de los distintos sectores del medio rural. Por otro lado el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, considera que las acciones horizontales, tales como las relativas a información y comunicación, a formación de interesados, entre las que se encontraba este Proyecto LIFE+, “Cambiar o Cambio”, son básicas para dar coherencia e ir consolidando el mismo.

2. Descripción del ámbito geográfico

1. Localización

Galicia con una extensión de 29.575 Km² se sitúa en el límite noroccidental de la Península Ibérica y se presenta como el vértice más occidental europeo, siendo su posición una encrucijada geográfica donde interactúan dominios ecológicos bien diferenciados.

Galicia es una región de relieve complejo, donde dominan las áreas inclinadas sobre las zonas llanas. Así el paisaje es una sucesión de valles y montañas, con predominio de laderas con pendientes habitualmente fuertes, existiendo también pequeñas depresiones sedimentarias. Así la montaña es un componente paisajístico muy importante en Galicia, afirmándose que "en Galicia lo que no es valle es monte".

La topografía de Galicia es la de un área montañosa, donde más del 50% del territorio tiene pendientes superiores al 20%, y la pendiente media es de 21,5%.

Los materiales de la zona Oeste de Galicia son graníticos del período hercínico, aparecen también en la zona Este y ocupan un total del 40% de la superficie. Otras rocas presentes son esquistos y gneises de bajo contenido en cuarzo, y algún macizo de rocas ultrabásicas y metabásicas, que representan un 5% de la superficie gallega. Hacia la parte este, las rocas son principalmente losas, filitas y esquistos de alto contenido en cuarzo, apareciendo también areniscas y cuarcitas. Es frecuente además encontrar rocas sedimentarias con arcillas de diferente grado de alteración, areniscas y depósitos de lignitos.

Por lo general se trata de suelos ricos en materia orgánica, ácidos, pobres en nutrientes, con horizontes poco evolucionados y bien drenados debido al predominio de fracciones gruesas, favoreciendo una baja capacidad de retención de agua, con el consiguiente aumento de los efectos de la sequía estival.



El carácter lluvioso de la región ha producido una evolución de los suelos hacia una acidez de un pH 3,5-4, que limita el cultivo agrícola, pero no el forestal.

2. Vegetación

El clima gallego, lluvioso y templado, es muy bueno para el desarrollo de las especies típicas del bosque caducifolio. A pesar de que existe al menos un mes de aridez, sólo en el sur de la región se dan fenómenos de balance hídrico negativo, por lo que sólo aquí aparecen especies xerófilas pertenecientes al dominio mediterráneo.

El bosque gallego típico está formado por especies caducifolias, como el roble y el castaño, cuyas formaciones se han visto muy reducidas en los últimos años por la acción humana. Es por ello que el paisaje boscoso gallego está hoy formado sobre todo por pinares —introducidos hace poco más de un siglo— y, desde hace unos años, por bosques de eucaliptos, que en algunas zonas desplazan a los anteriores.

Como comentamos anteriormente la vegetación gallega está intensamente transformada por la acción antrópica, una transformación que se remonta a la Prehistoria pero que ha sido más intensa en el siglo XX. Esta transformación se observa en los bancales de las laderas, la introducción del viñedo, en el sur, y el avellano, y a partir de 1950, por la intensa repoblación del bosque con especies de crecimiento rápido y aprovechamiento económico: el pino y una especie importada: el eucalipto. El pino es una especie autóctona, pino gallego, pero su extensión por las tierras bajas es labor de la mano del hombre. Estas especies introducidas ocupan las laderas de las montañas más próximas a la costa.

La especie dominante del bosque gallego es el roble, con dos variedades: melojo o rebolo, propio del interior y el sur; juntos forman el bosque del piso basal. Por encima, en el piso montano, aparece el haya pero esta es una especie excepcional, relegada a las regiones más húmedas del interior. Más abundante en este piso es el avellano y las especies subseriales de acebo, tejo y arce. En el sotobosque predominan los helechos. En las pocas regiones que aparece el piso subalpino predomina el abedul, mezclado con servales, acebos, avellanos, fresnos y olmos.

En los valles orientados hacia la meseta, del sur orensano, aparecen especies mediterráneas como la encina, también tienen mucha importancia los bosques de ribera, ligados a los fondos de valle y con especies como el fresno y el olmo. En Galicia se conoce como fraga al bosque, y más específicamente al bosque denso de ribera.

Sin embargo, más de la cuarta parte del espacio gallego está ocupado por especies de matorrales, debido a la degradación del bosque, bien sea por causas naturales o antrópicas. En ella predominan el tojo, el brezo en las zonas más secas, los piornos y las escobas, las jaras y los enebros en las zonas más elevadas.

Se caracterizan por una serie de cultivos de pocos meses sin intervalos de descanso entre ellos. Hay un cultivo de verano que por orden de importancia puede ser: maíz, girasol o sorgo o híbridos del mismo y otro de invierno-primavera, que puede ser veza-



avena, raigrás alternativo o westerwold, cebada-avena o otros tipos de raigrás autóctono. También podemos considerar el cultivo de alfalfa, como la leguminosa de interés para aquellas zonas que reúnan condiciones adecuadas de suelos profundos y sanos.

Corresponden estas alternativas a explotaciones con limitación en superficie respecto a la carga ganadera disponible, o bien, a aquellas situadas en zonas de climatología continental y que no permiten un desarrollo normal de las praderías. En este último caso, necesitan el riego de los cultivos para su viabilidad.

Entre los cultivos podemos distinguir tres tipos bien diferenciados:

Alternativas intensivas. Se caracterizan por una serie de cultivos de pocos meses sin intervalos de descanso entre ellos. Hay un cultivo de verano que por orden de importancia puede ser: maíz, girasol o sorgo o híbridos del mismo y otro de invierno-primavera, que puede ser avena, raigrás alternativo o westerwold, cebada-avena o otros tipos de raigrás autóctono. También podemos considerar el cultivo de alfalfa, como la leguminosa de interés para aquellas zonas que reúnan condiciones adecuadas de suelos profundos y sanos.

Corresponden estas alternativas a explotaciones con limitación en superficie respecto a la carga ganadera disponible, o bien, a aquellas situadas en zonas de climatología continental y que no permiten un desarrollo normal de las praderías. En este último caso, necesitan el riego de los cultivos para su viabilidad.

Alternativas extensivas. Se corresponden con las praderas propias de las zonas húmedas. Básicamente son fórmulas compuestas por gramíneas y leguminosas buscando el equilibrio nutritivo en energía y proteína por un lado y un reparto de la producción a lo largo del año por otro, combinando las gramíneas con mayor o menor resistencia, tanto a las temperaturas de verano como a la falta de humedad en esas fechas.

Son la solución ideal en aquellas zonas que tienen las condiciones apropiadas para su implantación, es decir, superficie suficiente para la carga ganadera existente, climatología adecuada y terrenos apropiados.

Alternativas semi-intensivas o semi-extensivas. Comprende una serie de posibilidades entre las dos anteriores, es decir, se pueden constituir basándose en parte del terreno dedicado a alternativas extensivas y, por otra parte, a intensivas, o bien poder alcanzar mediante cultivos intensivos combinados con praderías de duración media.

En resumen, las alternativas no deben ser rígidas en ningún momento y el ganadero debe tener la suficiente visión para adaptarla a las circunstancias propias de su explotación en función, también de la climatología dominante.

3. Fauna

Galicia es una zona de transición entre dos mundos faunísticos, el Eurosiberiano y el Mediterráneo; es por ello que suele considerarse como un gran ecotono, donde la riqueza herpetológica, mastozoológica y ornitológica es muy grande, gracias a la confluencia de esos dos ambientes tan diferentes.



La importante diversidad de ambientes (litoral, montañoso, estepario, etc.) es un factor determinante en gran medida de la riqueza de especies animales y vegetales presente en nuestra tierra.

Galicia cuenta con un total de 56 tipos de hábitats de interés comunitario, 10 de ellos de carácter prioritario por la Directiva Hábitats (92/43/CEE). La mayor parte de estos hábitats de interés comunitario presentes en el territorio gallego corresponden con hábitats costeros y halófilos, sistemas dunares, pastos naturales y seminaturales y finalmente los bosques.

Teniendo en cuenta lo ya dicho sobre vegetación y factores ambientales que condicionan los tipos de hábitat presentes en Galicia, se puede concluir que el inventario es muy amplio dónde existen múltiples grupos faunísticos, de los cuales destacamos la gran variedad de peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Aunque en los últimos años están apareciendo publicaciones sobre grupos que tradicionalmente estaban olvidados (insectos, carábidos, lepidópteros, etc.)

4. Demografía

Como muestran los indicadores demográficos, la población gallega continúa con su tendencia al envejecimiento, con una edad media de la población que pasó de 36 años en 1981 a 43.9 años en 2005.

La población en Galicia presentan un carácter marcadamente rural, posee características como la población extremadamente dispersa y una alta tasa de ocupación agraria definen este carácter rural. Otros factores, como el descenso de la población, el envejecimiento o el despoblamiento de unas zonas en beneficio de otras, se están produciendo también en el resto de Europa pero presentan en Galicia características destacables.

Para entender el contexto demográfico gallego es importante destacar que mientras que la población española no ha dejado de crecer a lo largo de los últimos años, la población gallega ha experimentado una evolución muy diferente, presentando una clara tendencia al estancamiento. Esto ha motivado que el porcentaje que representa la población gallega respecto del total del Estado se haya visto reducido, pasando de representar un 6,75% de la población española en el año 2000 a un 6,26% en 2005.

El medio rural gallego está muy vinculado a las actividades ganaderas, la producción de leche y la de vacuno de carne son, por este orden, los principales activos del sector ganadero en Galicia, otras especies como el ovino y el caprino, están alcanzando cada vez mayor relevancia en cuanto a la rentabilidad de las explotaciones

El porcino se concentra en La Coruña y Lugo, junto con la cunicultura, ya que es una de las principales regiones productoras de conejos. La cabaña avícola es una de las más importantes de España, sobre todo en gallinas ponedoras. Orense en la provincia con una mayor presencia de la cabaña avícola. La producción de carne de pollo, cerdo y conejo supera ampliamente a la carne de vacuno.

5. Actividad económica



La estructura productiva de la economía gallega, evaluada en términos de contribución de cada uno de los sectores económicos al valor añadido bruto, muestra el importante peso del sector primario, siendo éste menor en el sector servicios dentro del entramado económico gallego. Además, el análisis input-output evidencia la desarticulación sectorial y, en consecuencia, la desintegración económica interna y la dependencia exterior.

No obstante, se observa al mismo tiempo la presencia de conglomerados industriales bien asentados, de actividades competitivas e innovadoras con un importante potencial (moda y confección, biotecnología, química...) y de ventajas competitivas en algunas actividades, como la pesca, el marisqueo y la acuicultura. A pesar de la relativa concentración de la actividad económica en el Eje Atlántico, se constata la vinculación de la base productiva a factores endógenos de calidad, y distribuidos en todo el territorio, que favorecen en cierto modo el equilibrio territorial.

6. El sector agroforestal en Galicia

En Galicia existe una fuerte tradición de prácticas agroforestales, entre las que destacan los sistemas agropastoriles puros, es decir, en los que coexisten vegetales leñosos y herbáceos con ganado y, a veces, cultivos agrícolas. En ellos el arbolado o matorral no es necesario para proteger el pasto, su función es producir madera, leña y frutos, sobre todo, proteger el ganado del frío en el invierno. Uno de los ejemplos más característicos son los soutos, con castaños que producen madera, leña y castañas para consumo humano o animal. También es característico el pastoreo en montes arbolados de pino (*Pinus pinaster* y *P. radiata* sobre todo) o frondosas. En los fondos de valle y prados de siega y pastoreo también aparecen vegetales leñosos, pero en este caso, para evitar la competencia, formando paisajes reticulados. En la Comunidad es habitual la transterminancia que da lugar a sistemas agroforestales con unidades agrícolas pascícolas, de matorral y arbolado, que presentan fuertes vínculos funcionales y que contribuyen a satisfacer las necesidades de bienes y servicios.

1. Subsector ganadero

El sector agrario gallego se caracteriza por su marcada especialización ganadera, que concentra el 61% de la Producción Agraria; frente a un poco más del 34,7% que corresponde a los cultivos y el restante 4,3% procede de los servicios y actividades no agrarias. Por lo tanto, es la ganadería la principal actividad socioeconómica del sector agrario gallego. Galicia presenta una gran variedad de espacios agrarios, acordes con la diversidad climática y edafológica existente entre el litoral y el interior. En lo que respecta a la producción vegetal, se constata una notable orientación hacia la alimentación animal, destacando la producción de cultivos forrajeros.

Del mismo modo, destaca la superficie de prados naturales, de pastizales y de monte donde se practica el pastoreo, que constituyen el eje del paisaje agrario de la mayor parte del territorio.



El 61% de la superficie cultivada se dedica a la producción de cultivos forrajeros, destinados a la alimentación del ganado. Tras esta producción destaca la superficie destinada a cereales, especialmente maíz, a vid y a patata.

El subsector bovino es el de mayor peso del conjunto agrario gallego, aportando el 43% de la Producción Agraria, de la cual un 14,3% corresponde a la producción de carne de bovino y un 28,7% a leche de vaca.

El vacuno tiene presencia en toda la región, aunque más peso en la economía del interior. La relevancia del ganado bovino radica en su doble actitud como productores de carne y leche. En la siguiente tabla aparecen reflejadas en número de explotaciones existentes en Galicia (fuente IGE 2008) :

En lo que concierne al sector cárnico hay alrededor de 180 explotaciones, con una facturación global que se estima en 46 millones de euros y crea 3.700 puestos de trabajo directos. También hay 17 mataderos avícolas, que procesan anualmente 103.000 toneladas en canal, de las cuales, aproximadamente 10.000, se dedican a la transformación.

El sector cunícola (conejo) cuenta con cuatro mataderos que representan aproximadamente 5.500 toneladas en canal por año, y casi el 44% de esta cantidad va destinado a la elaboración.

Galicia	Unidades ganaderas	Explotaciones	Número de cabezas
Bovino	856.728	79.630	1.084.912
Ovino	33.536	37.098	335.348
Caprino	4.853	8.036	48.532
Porcino	326.747	109.010	1.239.797
Aves (miles de cabezas)	195.369	164.125	20.145

Por lo que respecta a los mataderos de ganado de abasto existen 65, de estos, 25 son privados y el resto de titularidad de ayuntamientos y mancomunidades. En este tipo de instalaciones se procesan anualmente 62.000 toneladas de canal bovino, 90.000 toneladas de canal porcino y alrededor de 600, entre ovino e caprino. Del total, el 39% del porcino y el 9% del bovino tiene como fin la transformación.

El sector lácteo es fundamental en la economía gallega, existiendo 103 instalaciones, en las que se incluyen los llamados centros de recogida, donde la leche recibe su primer tratamiento. Estas industrias, que son una base importantísima de la economía gallega, recogen al año alrededor de 1.800 millones de litros, crean unos 2.100 empleos directos y una gran cantidad de indirectos, a la vez que facturan unos 100.000 millones de pesetas.

Las empresas lecheras, dependiendo de sus características, pueden dividirse en cuatro grupos: Grandes industrias, que procesan más de 80 millones de litros, y su principal producción es la leche UHT, existiendo 10 empresas de estas características, de las que el 60% de las mismas pertenecen a industriales no gallegos.

También están las queserías, que son unas 70, de las que el 70% tienen carácter artesanal y se encuentran directamente vinculadas con explotaciones agrarias.



Cultivos forrajeros. Los cultivos incluidos en este grupo son fundamentales en la estructura agropecuaria gallega y están directamente ligados a la producción ganadera. El predominio de estos cultivos en su conjunto se acentúa año tras año en las zonas de ganadería bovina, lo que hace que una gran parte de nuestra producción agraria tenga como destino la reutilización en la propia explotación en la que se origina.

Actualmente podemos resaltar un incremento significativo de la superficie dedicada a maíz forrajero y un ligero descenso de la superficie dedicada a pradera.

La alimentación del ganado se adaptará a las normas tradicionales de aprovechamiento de los pastos en Galicia, según las peculiaridades típicas que han marcado secularmente la producción cárnica gallega y que están ligadas a factores geográficos y sociológicos propios de esta Comunidad.

En Galicia hay unos 3 millones de Ha., de las cuales cerca del 19% corresponden a tierras de cultivo, un 12% a prados y pastizales y un 61% corresponde a terreno forestal. En la provincia de Lugo, además debe destacarse la importancia de los cultivos forrajeros: maíz, remolacha y nabo forrajero. En la alimentación suplementaria se utilizarán productos naturales, tales como maíz, patatas, nabos, forrajes frescos o secos, etc., y alimentos concentrados autorizados.

2. El subsector hortícola

La horticultura se encuentra diseminada por toda Galicia, una buena parte está dirigida al autoconsumo, pero algunos cultivos, en determinadas comarcas alcanzan un grado de desarrollo y especialización que les permiten tener presencia continuadas en los mercados de ámbito nacional. Estas constituyen las “comarcas con tradición hortícola”.

Se trata de un sector con capacidades para atender las demandas cada vez más exigentes de los consumidores y de competir en el mercado internacional por la vía de la distinción de calidad al tiempo que se optimizan los recursos. La producción de alimentos de calidad es uno de los principales activos de la economía gallega, se pretende reivindicar la defensa de la utilización, consumo y distribución de productos agroalimentarios gallegos para poner en valor nuestros recursos y para generar riqueza mediante el cierre del ciclo productivo de nuestro país.

Se está desarrollando un sector agrícola que respeta la biodiversidad, los métodos de producción compatibles con la protección del entorno y la remuneración de las funciones territoriales, sociales y ambientales de la actividad agraria.

En Galicia hay aproximadamente 1.103 explotaciones dedicadas a hortofloricultura dedicadas tanto a la producción de huerta y flor cortada bajo cubierta con una superficie mínima de 500m². 721 son hortícolas, 244 se dedican a la flor cortada, 72 con mixtas y 37 de plantas ornamentales. Cabe destacar que el 53% de las explotaciones de huerta y el 21% de las de flor cortada declaran tener superficies de cultivo al aire libre.

Las producciones hortícolas que ocupan más superficie son la lechuga (35%), el pimiento(26%) y el tomate(21%). En cuanto a la flor cortada bajo cubierta, las producciones más importantes son el clavel(30%) y el Lilium(18%), seguidas a cierta distancia por el miniclavel, rosa o crisantemos, entre otros.



3. El subsector vitícola

El cultivo de la vid en Galicia tiene una tradición de 2.000 años y la producción de vino está estrechamente ligada a las peregrinaciones del Camino de Santiago.

En Galicia, dependiendo de su zona de producción y de las diversas climatologías que las acompañan, se producen muchos y variados caldos de diferentes calidades.

Aquí vamos a centrarnos en solamente aquellos que disponen de distintivo de Denominación de Origen y en toda la región Gallega se dan cinco denominaciones con características propias cada una de ellas. Estas son, ordenadas desde la más antigua hasta la más joven: Ribeiro, Valdeorras, Rías Baixas, Ribeira Sacra y Monterrey.

Ribeiro. Su zona de producción se encuentra en la zona occidental de la provincia de Ourense, siendo su producción de vinos blancos y tintos la más abundante.

Los vinos del Ribeiro son jóvenes, moderadamente ácidos, ligeros, gráciles y con combinaciones de exquisitos aromas afrutados y florales que casi siempre resultan sorprendentes. Cuando se elaboran con las variedades autóctonas tradicionales (Treixadura, Torrontés, Loureira, Albariño, Caiño, Brancellao, Sousón,...) poseen una acusada personalidad que los hace incomparables.

Los vinos del Ribeiro experimentaron en los últimos años un notable incremento de su calidad y presentación, puesto que todos ellos salen al mercado limpios y transparentes, capaces de conquistar posiciones de élite, y sin duda corresponden a los más afamados gallegos.

Valdeorras. Los vinos monovarietales tanto el Godello blanco como el Mencía tinto sorprenden por su gran calidad, plenos de matices y dentro de la línea de los grandes vinos actuales.

La zona de producción de esta denominación de origen ocupa gran parte de la cuenca de los ríos Sil y Jares, en torno a las localidades de O Barco, A Rúa, Vilamartín, O Bolo, Carballeda de Valdeorras, Larouco, Petín y Rubiá, situadas en la parte oriental de la provincia de Ourense.

En esta zona el clima es más seco que en el resto de Galicia, mezclándose la influencia atlántica con rasgos de continentalidad y aunque existen muchas horas de sol también las precipitaciones son abundantes.

Los viñedos se extienden por los valles y las laderas de los montes, sobre suelos pizarrosos de considerables pendientes con buena orientación al sol.

La variedad de vid más característica entre las blancas es la "Godello", cuya uva proporciona vinos blancos de fino aroma afrutado, color amarillo, dorado o pajizo y buena estructura en boca, con una graduación alcohólica media de 12,5 °.

Los vinos tintos elaborados a partir de la variedad "Mencía" son de intenso color púrpura y elegante aroma frutal, ligeros y de buen equilibrio alcohol / acidez.

Los vinos monovarietales tanto el Godello blanco como el Mencía tinto sorprenden por su gran calidad, plenos de matices y dentro de la línea de los grandes vinos actuales.

Rías baixas. Fundamentalmente se elaboran vinos blancos, la mayor parte de Albariño, (monovarietales 100%), reconocidos entre los mejores y más elegantes vinos blancos del mundo. Sus características son un riquísimo mosaico de valores, entre otras cosas: Color amarillo paja con irisaciones doradas y verdes, intensos aromas frutales y florales,



graduación alcohólica media de 12°, equilibrada acidez y con una juventud que en este caso se torna virtud.

Su zona de producción se extiende por la parte sur occidental de la provincia de Pontevedra y está compuesta por tres comarcas vitivinícolas muy características, como son: "Val do Salnes", "Condado do Tea" y "O Rosal".

En las tres subzonas el relieve es suavemente ondulado con elevaciones que envuelven abiertos y soleados valles, siendo los suelos franco-arenosos, poco profundos y ligeramente ácidos.

El clima es suave, templado y húmedo, con clara influencia atlántica, forjándose unas condiciones idóneas para el cultivo de la vid y la obtención de vinos de gran personalidad.

La variedad de vid fundamental y con más prestigio es la Albariño, aunque existen otras autóctonas de gran calidad, tales como: Treixadura, Loureiro, Caíño y Espadeiro.

La uva de Albariño es la estrella de la Denominación y casi su razón de ser, considerada como autóctona de Galicia, con una madurez y calidad excepcionales, ocupa actualmente la mayor parte de la superficie vitícola de la zona de producción.

Sus racimos son cortos, con granos de tamaño medio, color verde amarillento y hollejo carnoso.

Ribeira Sacra. Las variedades fundamentales son la señorial Mencía y las delicadas Albariño y Godello, elaborándose vinos aromáticos de excelente calidad, predominantemente tintos.

Esta denominación es de creación reciente, aunque históricamente sus vinos fueron muy valorados cualitativamente, especialmente los tintos, que gozan aún hoy en día de una gran tradición.

Su zona de producción se extiende a lo largo de las riberas de los ríos Miño y Sil, zona de paisaje inolvidable, llena de historia y monumentos (monasterios, iglesias, etc.), donde la vid es el cultivo principal, en laderas más o menos pronunciadas labradas en típicas terrazas. Se diferencian 5 subzonas: Chantada, Quiroga, Riberas de Miño, Amandi y Ribera del Sil. Predominan los suelos ligeros y pedregosos, orientados a medio día con un clima atlántico de transición suavizado por el influjo fluvial.

4. El subsector forestal

Desde el punto de vista económico, la contribución del sector forestal es estratégica para Galicia; el espacio forestal gallego asciende, según los datos de la Consellería del Medio Rural de la Xunta de Galicia, a 2.039.547,12 ha, lo que supone el 68,96% de la superficie geográfica total (las cifras del INE para 2002 indican un porcentaje de superficie forestal del 59,78%). Galicia dispone del 10,72% de la superficie forestal española (INE, 2002); lo cual es una muestra de la extraordinaria relevancia y dimensión del sector forestal en la Comunidad gallega.

En cuanto a la distribución del espacio forestal por provincias, se constata que la mayor parte de la superficie forestal gallega se concentra en la provincia lucense, que cuenta así con un 32,18% del total.



La silvicultura tiene en Galicia una gran importancia socioeconómica. El sector forestal aporta el 3,1% del VAB total y da empleo a 32.000 personas; constituyendo uno de los sectores de mayor crecimiento potencial.

La producción de madera es el principal aprovechamiento de la superficie forestal gallega, que en el año 2005 alcanzó los 6.945.000 metros cúbicos de corta, aunque existen otros como la ganadería, la caza, las setas, las castañas o la producción de biomasa que tienen un importante potencial y que localmente pueden alcanzar una gran relevancia. Hay que poner de manifiesto el carácter estratégico que presenta la industria forestal, que experimentó un incremento del VAB de 32,6% en el periodo 1995-2000, crecimiento superior al resto de los sectores económicos. Por lo que respecta al empleo, el subsector gallego de la madera empleó en el año 2005 a un total de 15.036 personas de forma directa, lo que supone el 9% del empleo industrial en Galicia, empleo que además está localizado mayoritariamente en poblaciones con menos de 5.000 habitantes.

En relación a las especies forestales presentes en el monte gallego, existe una posición predominante del *Pinus pinaster*, que en términos de volumen con corteza (m³) y según datos del Tercer Inventario Forestal Nacional, que data del período 1997-1998, representa un total de 49.151.041 m³, seguido en importancia por el *Eucalyptus globulus*, con 34.800.921 m³, *Quercus robur* con 16.922.380 m³, *Pinus radiata*, *Castanea sativa*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica*. El eucalipto fue la especie forestal que experimentó un mayor avance, con un incremento de un 26,1% en términos de volumen de corteza (m³) entre el segundo y el tercer Inventario Forestal Nacional; frente a las frondosas autóctonas presenta calidades inferiores, por lo que su aplicación se reduce a actividades de bajo valor añadido. Es preciso, pues, fomentar un cambio en las especies que se usan para la forestación, incrementando la presencia de especies de mayor valor tanto productivo como ecológico.

3. El clima de Galicia

1. Introducción

A lo largo de la historia, el ser humano se encuentra continuamente enfrentado con las variaciones de las condiciones del tiempo atmosférico en plazos muy cortos (minutos, horas y días). Sin embargo, las sociedades también se relacionan muy estrechamente con variaciones en las condiciones medias esperadas de los estados atmosféricos a plazos mucho más largos, como meses e incluso años; esa es la variabilidad en el clima.

Las variaciones estacionales, por ejemplo, afectan a las necesidades en el vestir e incluso a las disponibilidades de alimentos y agua. La variabilidad natural del clima determina en muchas zonas los requerimientos constructivos de sus hogares, el tipo de alimentación y la necesidad de almacenamiento de agua. Desde tiempos inmemoriales, las distintas sociedades experimentaron la interminable sucesión de años de abundancia seguidos de años de secas y hambre. De hecho, las variaciones en el clima contribuyeron, a veces de forma determinante, al nacimiento, desarrollo y caída de civilizaciones enteras.



Las sociedades pueden responder a la influencia de la variabilidad climática de muchas formas diferentes. De manera general, ellas se adaptan a las condiciones medias del clima en la región donde viven. Como por ejemplo, bajo el criterio de que la experiencia de los sucesos del pasado es la mejor guía para el futuro, los agricultores escogen los tipos y formas de cultivos apropiados a las condiciones climáticas promedio de cada lugar, mientras que, por otra parte, la variabilidad observada es la que determina las fechas de siembra y recogida de estas cosechas. No obstante, muchas veces a respuesta ante el clima se basa en una valoración de los hechos más inmediatos ocurridos; o sea, a pesar de que se estableció un patrón general en las fechas de siembra, muchas veces el agricultor no siembra mientras la lluvia no comenzó realmente o las temperaturas no alcanzaron los valores esperados.

En el proceso de adaptación al clima, las sociedades tratan de reducir riesgos y capitalizar ganancias en los períodos climáticos favorables. De esta forma, por ejemplo, el almacenamiento de agua en presas no sólo reduce los riesgos de inundaciones en épocas de lluvias, sino que permite también utilizar esta agua para obtener mayor producción agrícola en otras épocas de año.

Desde el punto de vista del impacto del clima y su variabilidad en la sociedad, existen tres formas de enfocarlo:

Como condicionante del desarrollo socioeconómico. Este enfoque considera el clima y su variabilidad como una condición de contorno que las sociedades tienen que aceptar y a las cuales deben adaptarse para poder vivir y prosperar, moldeando su carácter y condicionando de alguna forma su desarrollo. En Galicia, muchos ejemplos pueden ilustrar este condicionamiento, pues, quizás, como en muy pocos lugares de España, las tradiciones y la cultura se encuentran muy marcadas por el elemento condicionante del clima. De hecho, el estereotipo creado sobre el carácter del gallego tiene que ver, entre otras cosas, con las duras condiciones climáticas en que tuvieron que desarrollarse muchas importantes actividades de la sociedad gallega a lo largo del tiempo. Cualquier análisis serio sobre el desarrollo socioeconómico de una región debe incluir las condiciones climáticas bajo las que se desarrolla. Esto pasa a tener un valor fundamental en las consideraciones sobre seguridad alimentaria, donde, para realizar un análisis realmente coherente, se debe hacer uso de la información sobre los eventos anómalos del clima y su impacto en el desarrollo.

Como un recurso natural. El clima es explotado por las sociedades de muchas maneras diferentes. Cuando se piensa en el clima como un recurso, se hace habida cuenta las condiciones climáticas favorables y bajo las cuales pueden desarrollarse las actividades agrícolas, la ganadería, la pesca, etc. Este tipo de buen clima es capaz de proveer directa o indirectamente condiciones de lluvias y temperaturas favorables para la generación de alimentos y de bienestar económico. En este caso, el clima gallego resulta un ejemplo consistente para ilustrar este enfoque. La alta pluviosidad invernal de Galicia, el régimen de temperaturas suaves y las corrientes marinas que la bordean son el pilar sobre lo que se desarrollaron sus dos principales recursos naturales, sus bosques y su producción pesquera. De esta forma, el clima gallego constituye un recurso natural en sí mismo.



Hoy en día, el clima como un recurso natural incluye mucho más que las componentes físicas favorables del sistema climático. La información sobre el comportamiento global del propio sistema y su variabilidad suele resultar un recurso muy valioso para aquellos que tienen acceso a ella y saben cómo utilizarla.

Como una amenaza. A pesar de los aspectos positivos del clima para una región, las sociedades se preocupan mucho más del clima y de su variabilidad como una posible amenaza, por las implicaciones que tienen en la seguridad de los ciudadanos. Mientras que, de manera general, muchos gobiernos tienden a no actuar de forma directa para mejorar el uso del clima como un recurso natural, por otra parte se actúa con celeridad cuando una amenaza climática provoca un desastre, ocasionando muerte y destrucción. Evidentemente, evitar los daños causados por un desastre climático resulta más importante a corto plazo que mejorar la utilización racional del clima como un recurso.

Galicia, su gente, su vida y su desarrollo social se asociaron tradicionalmente a su clima, que, por otra parte, se tiende a simplificar como un clima gris, siempre lluvioso y sometido a los grandes temporales invernales. Esta idea de un mal clima condicionó de una manera importante el desarrollo de muchas actividades económicas y de manera muy especial el turismo, dentro del cual adquiere más importancia básicamente lo de carácter histórico o religioso vinculado al Camino de Santiago, pero es relativamente menor el turismo de costa o el rural. Sin embargo, el clima de Galicia está muy lejos de ser un estereotipo, poseyendo una variabilidad temporal y espacial que lo convierten en un recurso aún por explotar en toda su magnitud.

La relación clima-sociedad en Galicia es muy estrecha, puesto que las condiciones climáticas determinan que la agricultura y la pesca sean las fuentes fundamentales del desarrollo económico de esta comunidad. La pesca gallega representa la mitad de la española y la cuarta de toda Europa, y su actividad por volumen de negocio y generación de empleo influyó de manera importante en 45 de los 56 sectores productivos identificados en Galicia, segundo un estudio realizado en la Universidad de Santiago de Compostela en 1995. Se tenemos en cuenta que una de las zonas más sensibles a la variabilidad y al cambio climático son justo las zonas costeras, podremos entender que sólo ponerlo concepto de la actividad pesquera la sociedad gallega sea altamente vulnerable desde el punto de vista climático.

Se debe tener en cuenta la importancia de la variabilidad natural del clima en el descenso de las poblaciones marítimas, que incluso bajo ciertas condiciones puede ser más importante que la sobrepesca.

Además, las variaciones seculares de las oscilaciones del Atlántico norte (NAO) influyeron de manera considerable en las poblaciones de pescados.

Particularmente, se vinculó el descenso observado de la sardina en las costas gallegas a cambios recientes en la circulación del Atlántico norte.

Durante los últimos años se vino desarrollando de manera importante en Galicia la acuicultura como fuente de producción controlada de pescados y mariscos.

Esto podría suponer una merma de la vulnerabilidad del sector pesquero respecto al clima. Pero la actividad de acuicultura no sólo no sustituye la pesca tradicional, sino que ella misma depende de manera importante del factor climático.



Un ejemplo de esto lo tenemos en el mejillón, muy vulnerable a los temporales gallegos, que en numerosas ocasiones provocan el desprendimiento masivo del molusco de las cuerdas de las bateas de los criaderos, causando importantes pérdidas. Ejemplos de este tipo sugieren un impacto perfectamente discernible y que hace falta tener en cuenta en las estrategias de desarrollo económico de este importante sector de la economía gallega.

2. El contexto latitudinal de Galicia

Galicia queda enmarcada entre los 42° y 44° de latitud norte, en una posición excéntrica dentro del continente. Esta zona noroccidental de Europa se erige en una encrucijada, en un punto de encuentro de diversas masas de aire que le imprimen a la sucesión de tipos de tiempo una extraordinaria variedad y animación.

Esa excentricidad le confiere a Galicia un marcado carácter oceánico, que se traduce en una apreciable suavidad térmica, en ambientes húmedos y abundantes precipitaciones. La localización latitudinal de Galicia la enmarca en la zona de circulación prevaleciente de los oestes.

Por otra parte, su situación en el sector más noroccidental de la península Ibérica la configura como primero punto de llegada de las perturbaciones atlánticas. No obstante, la comunidad gallega recibe influencia de distintas masas de aire de características termodinámicas muy dispares. De este modo, llegan a Galicia tanto masas de aire cálidas y húmedas (tropicales marítimas) como varios tipos de masas de aire frío procedentes de latitudes superiores con distinto contenido de humedad (masas de aire ártico marítimo, ártico continental y polar continental). Galicia está, por lo tanto, localizada en una zona de transición de distintos tipos de masas de aire, del que se deduce que las conclusiones de estudios de variaciones climáticas realizadas tanto para el norte de Europa como para otras zonas de España, como por ejemplo para el Mediterráneo, no son directamente extrapolables para la comunidad gallega, necesiándose luego un estudio individualizado para esta región.

3. El concepto de clima

El clima no es más que la descripción estadística en tener de promedio y variabilidad de las medidas relevantes del sistema atmósfera-oceano sobre períodos de tiempo que van desde semanas incluso millones de años. En esta definición se puede ver cómo se introdujo el concepto de promedio, que es quizás el concepto más clásico de clima. Así, como por ejemplo, se necesitamos viajar la una determinada localidad en una época del año y necesitamos conocer de antemano el clima, normalmente encontraremos información sobre la temperatura media, la cantidad de lluvia que se puede esperar durante esa época del año o incluso el número de días en que esta precipitación se produce. Puede ocurrir, no obstante, que una vez realizada el viaje, comprobemos que durante ese año las condiciones fueron muy diferentes y se produzca una decepción al respecto de la información obtenida de los datos climáticos. Esto es así porque quizás no tuvimos en cuenta que el clima no se refiere solamente a los valores medios, sino también a su variabilidad.



Si se analizan los climas a escala mundial, nos encontraremos con climas que podríamos denominar estables, es decir, con poca variabilidad, como pueden ser los tropicales, y otros climas en los que la variabilidad es mayor, como pueden ser los climas de latitudes medias, en los que se encuentra Galicia. Otro aspecto en que la variabilidad del clima se manifiesta muy claramente es en las variaciones de fenómenos tales como El Niño o la NAO (North Atlantic Oscillation).

Una vez comprendido el clima como media y variabilidad, debemos referirnos al concepto de cambio climático.

Así, de la explicación anterior es evidente que no debemos confundir la variabilidad climática con el cambio climático. Es decir, nuestro eventual viajero no debe pensar que por el hecho de que el clima no se comportara segundo las medias esperadas eso quiera decir que el clima de esta localidad cambiara. Se pone de manifiesto con este ejemplo como, en general, no bastará solamente un evento meteorológico que se sitúe fuera del promedio para sugerir la idea del cambio climático. Nos damos cuenta entonces de que no sólo el problema del cambio climático es difícil de abordar, sino que el propio concepto se presenta difícil de definir. Para fijar los conceptos, hablaremos de cambio climático cuando los promedios de los valores atmosféricos cambien o cuando cambie su variabilidad al largo de, por lo menos, tres décadas. Así, un posible cambio climático sería el hecho de que las temperaturas medias mostraran una tendencia sostenida al ascenso. Esta es quizás la idea más ligada y más estudiada en el tema que nos ocupa, pero también podría producirse un cambio climático por el hecho de que aumentara la variabilidad. De esta manera, en un caso extremo podríamos encontrarnos con que se mantenga la temperatura media anual la cuesta de inviernos más fríos y veranos más calurosos.

Así formulada la cuestión, tendremos que estudiar como varía el clima y que variables son las que lo pueden modificar, distinguiendo entre estos factores los que aparecen de forma natural, tales como la actividad volcánica o solar, o los que son ocasionados por la actividad humana, tal como el incremento en la concentración de gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera.

4. Tipos de tiempo en Galicia

El territorio gallego tiene un clima oceánico y por lo tanto húmedo, aunque por su latitud meridional es más bien cálido. La situación geográfica de Galicia entre el Océano Atlántico y la Meseta, unida a su morfología, da como resultado una gran diversidad climática. A nivel del territorio de la Comunidad se observan unas tendencias de variación claras en cuanto a temperatura y precipitación:

Lo que diferencia al clima de Galicia de otros climas marítimos de la costa oeste es la existencia de uno o dos meses de aridez en verano. Esto es de vital importancia para algunos cultivos, como los viñedos del sur de la región. En comarcas como las de Lima, el Sil orensano, el valle de Verín y el sur de las Rías Bajas la aridez alcanza más de tres meses, por lo que hay quien las incluye en un clima mediterráneo. Así pues, el conjunto de la comunidad autónoma de Galicia posee un clima lluvioso, ya que toda ella recibe la influencia de los vientos dominantes del oeste que traen masas de aire húmedas, ya sean estas polares o tropicales. No obstante, la frecuencia y distribución de las lluvias no es



la misma en toda la región. En el norte tenemos un clima marítimo de la costa oeste de los continentes, mientras que en el sur existe un clima que sin dejar de ser marítimo tiene tendencia al clima mediterráneo. Los centros de acción que definen el clima gallego son el frente polar y el anticiclón de las Azores.

La acción sinérgica derivada de la dinámica atmosférica y de los factores geográficos genera una expresión climática diferenciada sobre el territorio gallego a escalas geográficas de detalle. Bajo una misma situación circulatoria, los distintos sectores de Galicia pueden mostrar variaciones significativas en los valores de los elementos meteorológicos registrados. Tomemos como ejemplo el escenario costero, en concreto los registros de precipitación diaria para las estaciones de Lourizán, en Pontevedra, y Arosa, en la localidad coruñesa de As Pontes de García Rodríguez.

Los resultados indican que la evolución anual de la frecuencia de lluvias es prácticamente la misma. Por lo tanto, las dos estaciones meteorológicas están sujetas a las mismas condiciones sinópticas. Sin embargo, en el norte (As Pontes de García Rodríguez) la frecuencia de precipitación es mayor que en el sur (Pontevedra), aunque en la estación de Lourizán, cuando llueve, lo hace con más intensidad. En invierno, en las Rías Baixas llueve con una intensidad de 1,3 a 3 veces superior a la del norte; tan sólo bajo algunas situaciones circulatorias, mayoritariamente anticiclónicas, la precipitación recogida en los sectores septentrionales es sensiblemente superior a la de los sectores de la costa pontevedresa. En verano, la situación es mucho más contrastada, pues disminuye de manera notable la frecuencia de lluvias en las Rías Baixas y la intensidad de la precipitación supera a la alcanzada en el norte bajo circulaciones ciclónicas, excepcionales en el estío.

Más extremas son las diferencias entre la costa y el interior. En invierno, en Lourizán llueve entre 1,3 y 8 veces más que en Ourense, siendo las diferencias mayores bajo circulaciones del oeste, mientras que en verano, estas diferencias tornan más acusadas, con una intensidad entre 2 y 30 veces mayor en la costa que en el interior. De joven, el contraste es particularmente grande bajo situaciones ciclónicas del sudoeste.

Evidentemente, uno de los factores geográficos implicados en los diferentes patrones de comportamiento pluviométrico es la latitud o, si se quiere, el balance entre las componentes climáticas tibia y subtropical. De una manera semejante, queda explícito el control que ejercen las formas del relieve sobre el reparto espacial de la precipitación para todas las situaciones sinópticas responsables de ella. Las sucesivas descargas que tienen lugar una vez que los frentes lluviosos alcanzan la costa y el tortuoso recorrido por el intrincado territorio gallego hacen que los sistemas de nubes penetren en el interior con una menor carga higrométrica y una menor capacidad para generar precipitaciones.

Las temperaturas muestran también un comportamiento diferenciado dependiendo de la posición geográfica y de las condiciones de circulación atmosférica.

Incluso bajo una misma situación, los parámetros termométricos cambian dependiendo de que la lluvia esté presente o no. El rango habitual de temperaturas medias diarias para cualquier situación bórica durante el invierno en la estación ferrolana de Monteventoso es de 7,1-10,9 °C y de 7,6-12,2 °C para los días con lluvia y los días sin lluvia respectivamente; en la de Lourizán es de 7,6- 11,9 °C y de 7,5-14,7 °C, y en la de Ourense, de 3,7-11,4 °C y de 5,3-13,3 °C. Así pues, los días lluviosos tienden a ser más



fríos que los días sin lluvia. Una excepción destacable viene representada por las condiciones circulatorias del norte, para las cuáles la presencia de lluvia supone un aumento de la temperatura: en invierno bajo una situación circulatoria anticiclónica de componente norte a temperatura media de los días con lluvia y sin lluvia es de 7,1 y 2 °C en Monteventoso, 9,6 y 7,5 °C en Lourizán y de 8,2 y 5,3 en Ourense, lo cual supone diferencias de 2 a 3 °C. En general, cuando la masa de aire que se aproxima a Galicia no procede del continente europeo, la lluvia provoca una merma de la temperatura media y de la amplitud térmica, debido a la menor insolación. En verano, el rango de temperaturas para los días con y sin lluvia es muy semejante; como por ejemplo, en Monteventoso los promedios de los días de lluvia son de 16,4-23,0 °C y en los días despejados, de 16,6-22,9 °C.

Si comparamos los tres sectores entre sí costa sur, costa norte e interior las Rías Baixas presentan las temperaturas más elevadas durante el invierno, con independencia del fenómeno lluvioso, mientras que en Ourense tiende a ser algo más cálido que el norte, si bien bajo circulaciones anticiclónicas de componente norte, el golfo Ártabro muestra temperaturas entre 1 y 4 °C más elevadas que el interior gallego. En verano, el sur es más cálido que el norte y el interior más cálido que la costa. En Ourense, las temperaturas diarias promedios del verano alcanzan valores entre los 17,0 y 26,5 °C, mientras que en Monteventoso se sitúan entre 15 y 23 °C y en Lourizán entre los 16 y 23 °C. Así pues, el noroeste peninsular presenta importantes variaciones termoplumiométricas como resultado de su posición latitudinal, del tipo de circulación y de las formas y estructuración del relieve.

5. La precipitación en Galicia

En el territorio gallego se pasa de manera progresiva del dominio oceánico puro con una cierta tendencia a la homogeneidad en el reparto anual de las precipitaciones a los márgenes climáticas que pueden ser consideradas como suboceánicas y que incluso fueron caracterizadas como de tendencia mediterránea, aunque el término correcto sería lo de subtropicalizada, ya que la estacionalidad pluviométrica en Galicia está controlada, en buena medida, por la componente climática subtropical. Un porcentaje considerable de las lluvias recogidas en nuestra región se producen en el semestre otoño-invierno, período en el que resulta frecuente que se establezca una anomalía negativa del campo de presión sobre lo Atlántico norte. Esta situación permite el establecimiento de dispositivos circulatorios, de naturaleza diversa, capaces de vehicular flujos húmedos de componente oeste sudoeste.

En todo caso, hay que subrayar que la abundancia y variabilidad espacial y temporal de la precipitación no puede explicarse satisfactoriamente solo bajo supuestos de la dinámica atmosférica, ya que el noroeste peninsular está situado en el extremo meridional del recorrido habitual de las perturbaciones asociadas a los vientos del oeste, por lo que, en teoría, sus volúmenes anuales deberían ser sensiblemente inferiores a los que realmente son registrados. Es el factor orográfico lo que desempeña un papel fundamental en un doble sentido. En primer lugar, como intensificador de la descarga hídrica asociada a los sistemas frontales a través de los ascensos forzados de los relieves. Y, en segundo lugar, a través de la diversidad altimétrica, la orientación y la



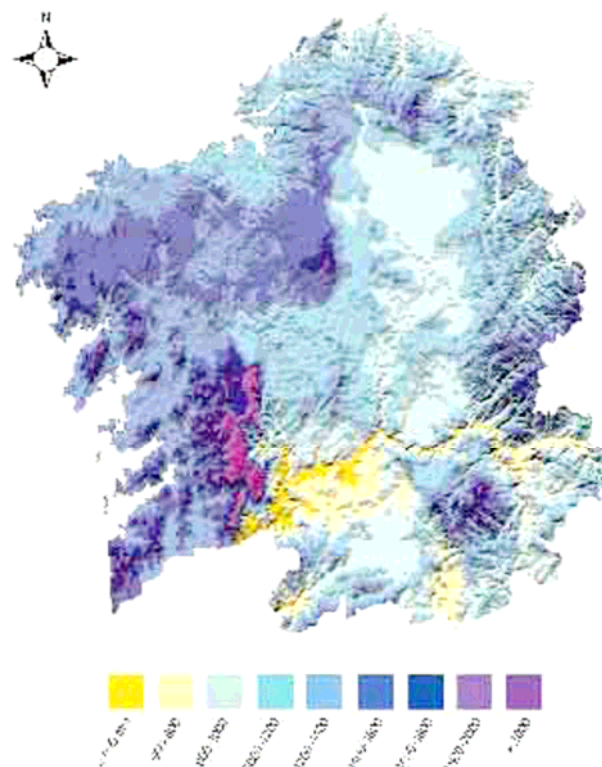
exposición de los obstáculos montañosos, como condicionantes del desigual reparto espacial de las precipitaciones en el conjunto del territorio gallego.

La precipitación anual ponderada de Galicia es de 1180 mm, si bien los valores normalizados van desde mínimos próximos a los 500-600 mm en el valle del Miño- Sil, hasta máximos superiores a los 1800-2000 mm en las sierras litorales (lo Barbanza, A Groba) y la dorsal gallega (O Suído, Faro de Avión). Del total medio, 337 mm se recogen en invierno, 280 mm en primavera, 156 mm en verano y 407 mm en otoño, que se erige en la auténtica estación lluviosa del noroeste peninsular. Esto quiere decir que en el repartimiento anual, el verano contribuye con un 13%, la primavera con un 24%, el invierno con un 28% y el otoño con un 35% de la precipitación anual acumulada.

La distribución espacial es bastante compleja. En conjunto es la provincia de Pontevedra la que recoge una mayor precipitación anual, seguida de la Coruña y Lugo, mientras que en Ourense los valores son más bajos.

La cuarta parte del territorio gallego presenta promedios anuales que no superan los 1000 mm, mientras que en un 5% de la superficie de Galicia la precipitación es superior a los 1600 mm y tan sólo en un 2% es inferior a los 600 mm. La clase dominante es la de 1000-1200 mm, con cerca de un 30% del territorio, extendiéndose por la costa desde el golfo Ártabro incluso la desembocadura del Eo, la mayor parte del interior de la provincia de Lugo, y algunos sectores de altitud media en la provincia de Ourense. Las siguientes clases más representadas son las de 800-1000 mm y 1200-1400 mm, con un 22% (A Terra Chá, Monforte, A Limia) y 23% (altitudes bajas y medias de las provincias de la Coruña y Pontevedra) de la superficie respectivamente.

En el mapa también se aprecia la marcada merma de la precipitación en los sectores interiores de Galicia, relacionada con el papel que cumplen las formas del relieve. En la dorsal, precipitaciones superiores a los 1800 mm ocurren a altitudes medias (600-700 m), mientras que en el interior estos valores sólo se alcanzan en cotas superiores a los 1500-1600 m en la sierra de los Ancares y por encima de los 1700 m en la sierra de Queja, mientras que en la sierra del Eje a precipitación anual queda muy lejos de estos valores, incluso en las cotas más elevadas.



Figural.

6. La temperatura en Galicia

La temperatura del aire depende en gran medida de la naturaleza de la superficie en contacto con la atmósfera, ya que es el suelo lo que se calienta al absorber la energía solar y quien transmite parte de ese calor a la atmósfera. La temperatura es uno de los elementos climáticos de mayor importancia en la caracterización climática. Interviene en los procesos de transformación de los estados del agua, está directamente implicada en la actividad de los organismos vivos, en la capacidad transpirativa y en la productividad de las especies vegetales, influye en las tendencias de la meteorización de las rocas y en los procesos de formación de suelos, etc.

La temperatura media anual ponderada para Galicia es de 13,3 °C. La temperatura media ponderada del invierno es de 8,5 °C, la de la primavera de 15 °C, la del verano de 19 °C y la del otoño de 11 °C. Es, por lo tanto, en el primer trimestre del año (enero-marzo) cuando se registran los valores más bajos de temperatura para la mayor parte de Galicia. Las provincias atlánticas A Coruña y Pontevedra muestran temperaturas medias ponderadas anuales más elevadas, ligeramente superiores a los 14 °C y de la orden de 1 a 2 °C más altas que las de Lugo y Ourense, respectivamente. Al largo de las estaciones el contraste térmico es máximo para el invierno, con 2,7 °C de diferencia entre las temperaturas medias ponderadas de Ourense y A Coruña, seguido del otoño, con 2,4 °C, y del verano, con 1,8 °C. La primavera es la estación con un menor contraste interprovincial, de 1,4 °C, con un mínimo ponderado de 14,2 °C en Ourense y un máximo de 15,6 °C en Pontevedra.



Los valores medios normalizados van desde mínimos por debajo de los 6 °C en las montañas de las sierras orientales y sudorientais (Os Ancares y O Eixo), hasta máximos superiores a los 15 °C en las áreas costeras la baja altitud, especialmente en las Rías Baixas. Como se puede ver en el mapa elaborado para los valores medios anuales, la distribución espacial muestra una variación costa-interior, relacionada con la oceanidad, y otra norte-sur, que hay que poner en relación con el balance anual entre las componentes climáticas tibia y subtropical. En conjunto, marcan un efecto diagonal NW-SE de merma de la temperatura.

Por lo que respecta al reparto espacial de la temperatura media anual, casi la tercera parte de la superficie de Galicia (31%) presenta temperaturas en la clase 13-14 °C (interior de Lugo y sectores de altitud media de las otras provincias); otra tercera parte (33%) tiene temperaturas que superan este valor, mientras que en el resto del territorio no se superan los 13 °C. A nivel estacional es evidente el descenso termométrico de los meses de invierno, con temperaturas medias inferiores a los 6 °C en casi un 10% del territorio, llegando incluso a alcanzarse valores por debajo de los 0 °C en las zonas de mayor elevación (Pena Trevinca). La clase más representada espacialmente es la de 8-10 °C en esta estación (46%), la de 10-12 °C en otoño (49%), la de 14-16 °C en primavera (68%) y la de 18-20 °C en verano (57%). Por supuesto, en esta última estación se alcanzan los valores más elevados de temperatura media, superándose los 20 °C en la quinta parte de la superficie de Galicia.

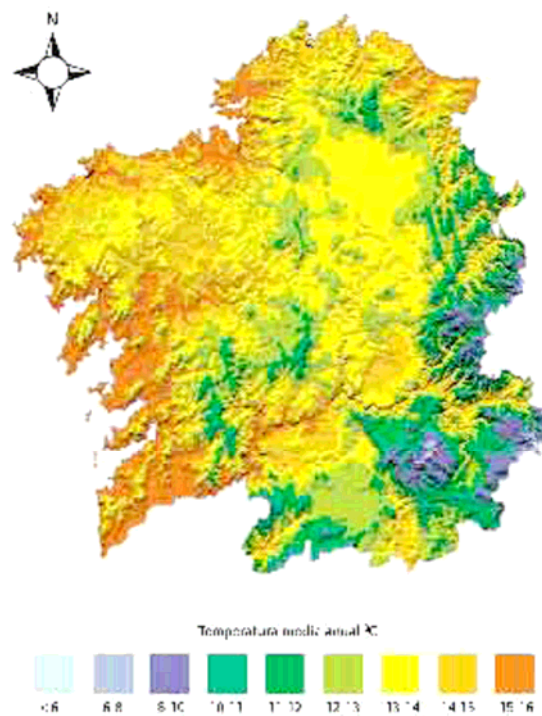


Figura2. Mapa de temperatura media anual en°C



7. La evapotranspiración potencial en Galicia

Junto a la precipitación, la evaporación y la transpiración son procesos que forman parte del ciclo hidrológico, lo cual puede entenderse como un flujo continuo de agua en el sistema tierra-atmósfera. La evaporación es el proceso físico mediante el cual el agua, en estado líquido o sólido, pasa a vapor desde las superficies libres de agua, nieve o hielo.

La ETP anual promedio ponderado en Galicia es de 712 mm, variando los valores calculados entre mínimos inferiores a los 500 mm en las áreas de mayor altitud de las sierras sudorientales, hasta máximos superiores a los 800 mm en la franja litoral de las Rías Baixas.

Del total medio ponderado, 289 mm corresponden al verano, la estación de mayor concentración de la demanda potencial de agua, seguido de 276 mm en primavera, 77 mm en invierno y 70 mm en otoño. La contribución estacional es de un 41% en verano, un 39% en primavera, un 9% en otoño y un 11% en invierno.

Esto quiere decir que la mayor demanda de agua ocurre en los meses en que la oferta pluviométrica disminuye, siendo un primer indicio de la posible existencia de un déficit de precipitación estival.

Los valores medios ponderados por provincias indican que A Coruña es la provincia de mayor ETP anual, seguida de Pontevedra, Lugo y Ourense, sin que las diferencias entre ellas superen los 100 mm anuales. Las provincias atlánticas poseen valores muy semejantes para las distintas estaciones del año, aunque ligeramente inferiores para Pontevedra debido a que tiene una mayor proporción de superficie por encima de los 800 m de altitud, y también mayores contrastes en el reparto superficial de la ETP, pudiéndose encontrar áreas con valores próximos a los 600 mm/año y otras con más de 800 mm/año. Las provincias interiores, Lugo y Ourense, muestran valores más bajos de ETP, que sólo superan los 750 mm en la costa lucense y en el valle del Miño-Sil.

8. El balance hídrico en Galicia

El balance entre la precipitación y la evapotranspiración, pone de relieve la existencia de un exceso de agua durante el período lluvioso y un déficit durante los meses de verano. El balance hídrico ponderado indica un exceso de 477 mm al año, de los que 350 mm corresponden al otoño y 248 mm al invierno, mientras que la primavera aparece especialmente equilibrada (tan sólo un pequeño exceso hídrico global) y el verano muestra un déficit de 127 mm.

En las provincias costeras atlánticas el balance anual es claramente excedentario, con 591 mm en la Coruña y 658 mm en Pontevedra, mientras que en Lugo y Ourense el exceso anual, aunque presente, tan sólo alcanza la mitad del observado en Pontevedra (378 mm y 327 mm respectivamente). En todos los casos el otoño es la estación de mayor exceso hídrico, seguido del invierno. Sin embargo, aunque en primavera hay un pequeño exceso global, en realidad esto sólo ocurre en las provincias atlánticas, mientras que en Lugo y Ourense hay un pequeño déficit.



El verano es deficitario en las cuatro provincias, siendo el déficit más bajo en Pontevedra que en Ourense y Lugo.

Si bien la imagen general parece ser la de una área con exceso de agua, una parte importante de nuestro territorio tiene un déficit anual de precipitación que puede superar los 250 mm (fundamentalmente en el valle del Miño-Sil). Junto a esto, también se encuentran sectores de exceso hídrico extremo, que pueden superar los 1000 mm al año. Es evidente que estos últimos ocurren en los sectores de excelentes pluviométricos, controlados por el importante papel que tiene el relieve (dorsal gallega, a Groba, Barbanza, la Capelada, el Xistral). Las clases de balance anual dominantes son las de 200-600 mm de exceso hídrico, que en conjunto representan casi un 60% de la superficie de Galicia. Las de exceso extremo, con más de 1000 mm, ocupan un 5% de la superficie, mientras que aquellas con déficit ocupan casi un 10%.

Estacionalmente, como ya se mencionó, el exceso se concentra en otoño y en invierno, dominando las clases de 200-400 mm, de modo que más de un 60% del territorio muestra un exceso de este nivel. En otoño, sin embargo, también es importante la clase de 400-600 mm de exceso, con un 28% de la superficie de Galicia. Por el contrario, la depresión pluviométrica dependiente de la estacionalidad climática en nuestras latitudes provoca un balance negativo generalizado en verano e incluso en primavera para algunos sectores. Las clases de déficit dominante son las de 200-150 mm y 150-100 mm (80% de la superficie). En primavera el déficit mayoritario no supera los 50 mm, y la clase dominante corresponde a un exceso de 0-200.

9. Dominios ombrotérmicos en Galicia

Los dominios ombrotérmicos son el resultado de la combinación de los regímenes pluviométrico y termométrico. Su representación cartográfica es una forma sencilla de mostrar la variedad de ambientes climáticos que caracterizan un determinado espacio geográfico, ya que la precipitación y la temperatura son los elementos básicos en la configuración de los paisajes, lo que se plasma, de manera esencial, en la cobertura vegetal de origen natural. Galicia muestra una amplia diversidad de ambientes termopluviométricos, algunos de ellos geográficamente confinados y de una extraordinaria peculiaridad climática: desde sectores que podrían ser calificados de muy fríos-subsecos hasta frescos-hiperhúmedos. En cuanto a la distribución espacial, el ambiente dominante es lo de tipo subhúmedo-tibio, que ocupa un 18% del territorio, seguido del seco-tibio, con un 15%, el húmedo-cálido, con un 13%, el muy húmedo-tibio, con un 10%, y el muy húmedo-cálido, con un 6%. Cubriendo cada uno una superficie total próxima del 5% de Galicia, se encuentran los tipos subhúmedo-cálido, húmedo-fresco, seco-cálido, húmedo-atemperado y subhúmedo-tibio. Y ya con menor representación espacial, pero no con menor importancia biogeográfica, aparecen los dominios muy seco (cálido y atemperado), hiperhúmedo (muy frío, fresco y atemperado), los frescos, etcétera

Tal como refleja el mapa de dominios ombrotérmicos, algunos ambientes son extensos y muestran una clara homogeneidad espacial, mientras que otros aparecen repartidos en diversos sectores, a veces sin conexión unos con otros, e incluso como pequeñas áreas aisladas y confinadas. El dominio húmedo-cálido de la fachada atlántica de Galicia es,



tal vez, el único ejemplo de ambiente de distribución espacial homogénea. Se extiende por los sectores altitudinales medios y bajos desde Malpica, por la Costa da Morte, penetrando hacia el interior polos valles del Tambre y Ulla y desciende por las tierras de las Rías Baixas. Por encima de los 400-500 m de altitud, tanto en los sectores litorales como en el interior de las provincias de la Coruña y Pontevedra, se pasa a dominios muy húmedos o hiperhúmedos tibios o cálidos: llanuras interiores- Mazaricos, Santa Comba, Tordoia, Boimorto, somontes de los montes del Bocelo, sierra del Careón, cordal de Montouto y sierra de la Loba en la provincia de la Coruña, y las sierras de la dorsal gallega en Pontevedra.

El dominio hiperhúmedo-atemperado es un ejemplo de ambiente característico casi confinado a los sectores más elevados de la dorsal: sierra del Suído, Faro de Avión y montes del Testeiro, y las sierras litorales del Barbanza y A Groba, por encima de los 500-600 m de altitud.

Las costas al norte de Malpica el golfo Ártabro, las Rías Altas y la Marina lucense pasan de dominios subhúmedo-cálidos a seco-cálidos de oeste a este, de manera que, conforme el segundo ocupa los niveles inferiores en el área cantábrica, el primero asciende en altitud, haciendo la transición a dominios más húmedos y frescos. La sierra del Xistral es un exponente claro de los ambientes húmedo- frescos del norte lucense, marcando un fuerte gradiente ombroclimático desde la costa incluso los sectores de cumbre de las sierras, lo que lleva asociados importantes cambios biogeográficos y de ocupación del territorio.

El dominio subhúmedo-tibio, a pesar de ser lo que ocupa una mayor superficie, se encuentra ampliamente repartido. Su mayor desarrollo espacial lo alcanza por las tierras del Deza, a Ulloa, Chantada y Friol. En la provincia de Lugo forma también uno desbordo al este de sierra de la Loba, al sur del Xistral y el cordal de Neda, y polos niveles de enlace entre A Terra Chá y las sierras nordorientales (Meira, Monciro, Mirador, Foncuberta) y entre la depresión de Sarria y Monforte y las sierras de los Ancares y del Courel.

Las fosas tectónicas de la Terra Chá y Sarria, el contorno de la fosa de Monforte, el encajamiento del Miño por Portomarín y la fosa de la Limia se caracterizan por un dominio seco-tibio, si bien existen ciertas diferencias biogeográficas deber a los contrastes altitudinales y latitudinales. La fosa de Monforte es ligeramente más cálida y tiene un ambiente seco-cálido.

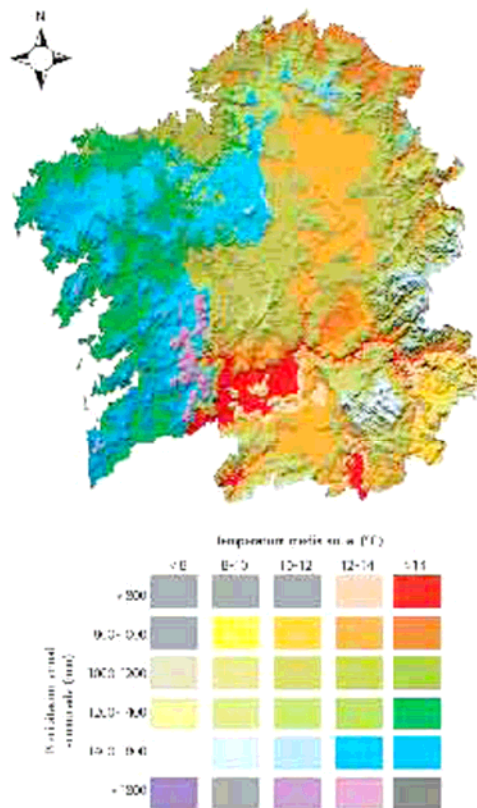


Figura3. Mapa de dominios ombrotérmicos (tabla cruzada temperatura y precipitación)

4. El Cambio Climático en Galicia

1. Introducción

Los distintos informes científicos publicados por agencias nacionales e internacionales sobre el cambio climático no dejan lugar a dudas sobre la vulnerabilidad de Galicia a sus efectos.

No obstante, este conocimiento no es suficiente para describir el comportamiento de los diferentes microclimas gallegos y la interacción de estos con los diferentes ecosistemas de nuestro territorio. Galicia, en el contexto de las latitudes medias, se encuentra enmarcada en una zona de circulación en la que prevalecen los vientos del oeste, siendo el primero punto de llegada de las perturbaciones atlánticas con respecto al resto de España. No obstante, la comunidad gallega recibe la influencia de distintas masas de aire de características termodinámicas muy dispares. De este modo, llegan a Galicia masas de aire cálidas y húmedas, como las tropicales marítimas, así como masas de aire que, por tener su origen en latitudes superiores, presentan en común a característica de ser frías, aunque con distinto contenido de humedad. Como consecuencia de esto, se deduce que las conclusiones de estudios de variaciones climáticas realizadas para el norte de Europa o, como por ejemplo, para el Mediterráneo no son directamente



aplicables para nuestra comunidad, por lo que hace falta un estudio individualizado para esta región.

La evaluación en detalle de las evidencias del cambio climático en Galicia, así como los impactos previsibles en el sector agroforestal, es el objetivo principal de este informe.

En este estudio se evaluaron las evidencias del cambio climático en la atmósfera, en los ecosistemas terrestres, y se incide en los impactos futuros en el sector agroforestal y en la economía y en la salud.

2. Retos y oportunidades del Cambio Climático

La lucha contra el cambio climático no sólo plantea restricciones, sino también oportunidades. La mitigación puede permitir a Galicia reducir su dependencia de los combustibles fósiles y mejorar otros problemas ambientales como la contaminación atmosférica de las ciudades. Es también una buena oportunidad, por ejemplo, para repensar la planificación del territorio, para canalizar las necesidades de movilidad hacia modos de transporte más limpios y para apostar por las nuevas tecnologías y la I+D+i. En este contexto, es cierto que muchas empresas tendrán que asumir costes, pero también podrán obtener beneficios y ser más competitivas si son capaces de ahorrar energía o de desarrollar productos bajos en carbono. El cambio climático también puede, por tanto, constituir una oportunidad para mejorar no tanto el nivel como la calidad de vida.

Por otro lado, actuar frente al cambio climático es una inversión rentable, ya que los daños esperados superarán los costes de mitigación. Por cada euro invertido en actividades de mitigación podríamos ahorrar daños por valor de hasta 5 euros según el IPCC (Cuarto Informe de Evaluación IE4) y de hasta 20 euros, según el Informe Stern.

Combatir el cambio climático no significa solo reducir o limitar las emisiones de los gases de efecto invernadero. Antes bien, la lucha contra el cambio climático requiere una perspectiva integrada, considerando tanto las actuaciones de mitigación como las de adaptación. La adaptación está adquiriendo un papel cada vez más relevante, por cuanto las acciones a tomar van a ser absolutamente necesarias, y complementarias a las acciones de mitigación, dado el inevitable cambio climático al que nos vamos a seguir enfrentando.

Es incuestionable que los recientes cambios del clima han influido ya en muchos sistemas físicos y biológicos, y que los riesgos proyectados del cambio climático irán en aumento y serán altos. Incluso con los esfuerzos mayores posibles dirigidos a reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero, se experimentarán impactos derivados del inevitable cambio climático, que sin duda acabarán afectando al desarrollo y al bienestar social de todos los países.

3. Modelos climáticos y escenarios de emisiones

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) en su segundo informe (IPCC, 1996) trajo a primero plano de la atención internacional el creciente consenso científico sobre que las actividades humanas estaban a causar alteraciones en el clima



que posiblemente tuvieran efecto no sólo en el presente sino en escalas de tiempo mucho más largas. En años posteriores, jóvenes análisis confirmaron estas hipótesis (IPCC, 2007) y, por lo tanto, era obvia la necesidad de cuantificar y explorar la naturaleza de los cambios en el clima para preparar y defender a la humanidad de sus posibles consecuencias.

El sistema climático no está formado solamente por la atmósfera, sino que océanos, superficie terrestre y vegetación forman parte importante de él. Existen múltiples interacciones que adaptan estas distintas componentes entre sí, de manera que el sistema evoluciona como uno todo. El tiempo de respuesta de la atmósfera es bastante más rápido que lo de los otros subsistemas, por lo que, en general, para la predicción meteorológica a corto y medio plazo se usan modelos numéricos que resuelven las ecuaciones de la atmósfera pero que no consideran cambios en océanos o vegetación, por lo menos de manera acoplada. No obstante, cuando se consideran períodos de tiempo más largos, como los que se necesitan para definir el clima, se hace imprescindible el uso de modelos más complejos que simulen de manera comprensiva el sistema climático, con especial énfasis en las interacciones océano-atmósfera (de ahí que se denominen AOGCM, Atmosphere-Ocean Global Circulation Models). Estos modelos informáticos son la herramienta fundamental usada para explorar los cambios en el clima debido al incremento de las emisiones de gases de invernadero de origen antropogénico.

Un escenario de cambio climático consiste en una simulación climática de uno de estos AOGCM desde unas condiciones presentes hacia un futuro en el que la composición de la atmósfera va variando a causa de emisiones debidas a la actividad antropogénica. Hace falta, por lo tanto, conocer o suponer cómo van a evolucionar esas emisiones en el futuro, lo que va a depender en buena medida de la evolución económica, social y tecnológica de la sociedad a escala global.

En el Informe especial sobre escenarios de emisiones, SRES (Special Report on Emissions Scenarios; IPCC, 2000), un equipo de expertos desarrolló cuatro hipótesis plausibles de cómo será el desarrollo de las condiciones demográficas y económicas de la humanidad en el futuro próximo. A grandes rasgos las cuatro alternativas son las siguientes:

A1: Un futuro de crecimiento económico muy rápido, aumento lento de la población e introducción rápida de tecnologías jóvenes y más eficientes. Convergencia económica entre las diferentes regiones del globo, con un aumento de interacciones culturales y sociales y una reducción sustancial de las diferencias en renta per cápita regionales. Esta familia de escenarios A1 se subdivide en cuatro grupos dependiendo de diferentes direcciones de cambio tecnológico en el sistema de producción energético.

A2: Un mundo muy heterogéneo, con preservación de las identidades y peculiaridades locales. Los patrones de fertilidad convergen muy lentamente entre las diferentes regiones y sigue existiendo un rápido crecimiento de la población a escala global. El crecimiento económico se produce a escala regional y el incremento de renta per cápita y cambio tecnológico es más fragmentado y lento que en otros escenarios.



B1: Un mundo convergente con el incluso crecimiento lento de la población que en la línea de escenarios A1, pero con cambios rápidos en las estructuras económicas hacia una economía de la información y de servicios, con introducción de tecnologías limpias y eficientes. Hay soluciones globales para la sostenibilidad ambiental, económica y social, con merma de las desigualdades pero sin iniciativas climáticas adicionales.

B2: Un mundo en que se resaltan soluciones locales para la sostenibilidad ambiental, económica y social. Crecimiento de la población moderado, niveles intermedios de desarrollo económico y cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas B1 y A1. Este escenario está también orientado hacia la protección ambiental y la supresión de las desigualdades sociales, pero con mayor enfoque a niveles locales y regionales.

Estas hipótesis o patrones de desarrollo se traducen a escenarios de emisiones, es decir, se cuantifica la cantidad de gases de invernadero que se van a ir añadiendo a la atmósfera en cada uno de ellos usando modelos matemáticos desarrollados basándose en la historia previa conocida. En concreto, seis modelos de diferentes grupos de investigación de todo el mundo fueron usados para organizar las cuatro familias de escenarios generales en 40 escenarios de emisiones. Estos se pueden agrupar, por su vez, en 4 escenarios patrón, cada uno característico de una de las familias (A1, A2, B1, B2), junto con otros dos adicionales de la familia A1, que son suficientes para representar la variabilidad asociada a los 40 escenarios originales, muchos de los cuales resultan en patrones de emisiones similares a pesar de partir de hipótesis de desarrollo humano diferentes.

El Informe especial sobre escenarios de emisiones (SRES) no les asigna a priori probabilidades de ocurrencia a los diferentes escenarios; no obstante, debido a la imposibilidad de considerarlos todos, en el estudio que se llevo a cabo en Galicia, se eligió entre los 6 representativos, el escenario A1B, perteneciente a la familia de escenarios A1 mencionada anteriormente. Las emisiones globales de CO₂ en este escenario aumentan rápidamente en la primera mitad del siglo XXI para llegar a un máximo alrededor de 2050, momento a partir del cual disminuyen.

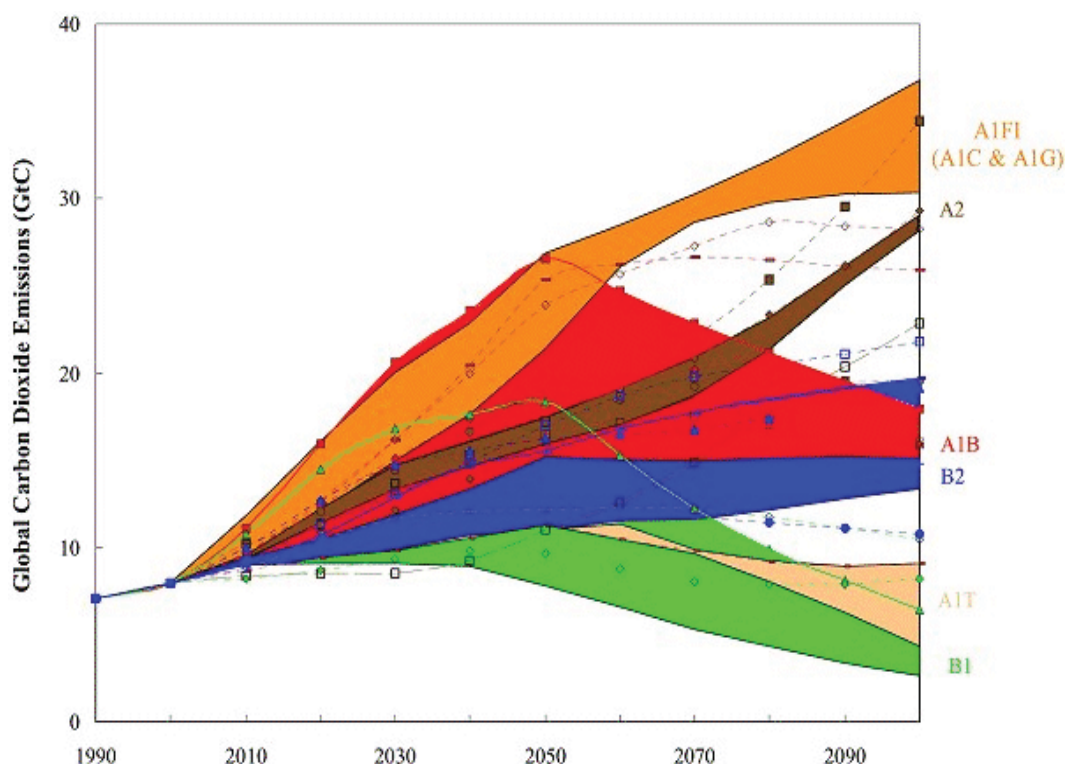


Figura 4. Rango de emisiones globales de CO₂ al largo del siglo XXI en GtC (gigatoneladas de dióxido de carbono, el peso de 1 km³ de CO₂) en los escenarios de emisiones tipo del SRES. El escenario elegido para este estudio es lo A1B, en rojo.

Después de asumir una hipótesis de cómo evolucionarán las emisiones de gases de invernadero en el futuro, se debe calcular cómo se verá afectado el clima a causa de esas emisiones. Se utiliza un modelo climático global en el que la composición gaseosa de la atmósfera y, por lo tanto, sus propiedades, van variando debido a las emisiones antropogénicas que dicta el escenario de emisiones pertinente. Como se mencionó anteriormente, un modelo climático contiene no sólo un modelo de la atmósfera, sino un modelo oceánico y otro de suelos-vegetación; luego, estamos ante una compleja herramienta informática que resuelve numéricamente las ecuaciones dinámicas de la atmósfera, océano y suelos-vegetación simultáneamente.

Debido al crudo de la resolución empleada en los modelos globales, resulta difícil evaluar las predicciones a una escala regional pequeña como la gallega. Toda Galicia queda contenida dentro de una celda del modelo, por lo que la modulación climática que producen las montañas, las diferentes coberturas del terreno, etc., que tienen escalas espaciales mucho menores, se pierde. Estas simulaciones tienen, por lo tanto, una gran incertidumbre en los cambios a escala regional y esa incertidumbre es un obstáculo para evaluar el impacto del cambio climático en la sociedad. Para intentar sortear esta dificultad y obtener resultados con una resolución mayor sin tener que simular el clima de todo el globo, se puede utilizar una estrategia llamada *downscaling* dinámico.

El término *downscaling* dinámico se refiere a la técnica de obtener simulaciones mucho más detalladas empleando un procedimiento similar la cómo se realizan predicciones



del tiempo a corto plazo, es decir usando un modelo de malla limitada la una pequeña porción del globo con condiciones de contorno provenientes del modelo global. Que el dominio sea regional permite alcanzar una más alta resolución y, por lo tanto, recrear las escalas dinámicas pequeñas no presentes en la simulación global de partida, lo que posibilita estudiar con mucho más detalle los patrones de cambio climático para la región de interés.

4. Evidencias del Cambio Climático en Galicia

Al respecto de la climatología de Galicia, el diagnóstico no deja lugar a dudas; la temperatura viene creciendo desde mediados del siglo XX, aunque este incremento esconde diferencias temporales y espaciales importantes. Por otro lado, la estacionalidad de la precipitación, así como sus extremos, también muestran variaciones importantes durante esta etapa. Los datos utilizados corresponden al período 1961-2006 para conseguir una correcta cobertura geográfica de Galicia a partir de las series existentes. Este período, aunque no demasiado amplio, cubre parte del descenso de temperatura constatado en otros puntos de la Península desde los años 50 incluso los 70 y el posterior incremento abrupto hasta años recientes, permitiendo así dar una estimación de la tasa de cambio por década más realista y comparable con otros estudios. En este trabajo se hizo, además, especial hincapié en el estudio de tendencias en ocurrencia de extremos, tanto de temperatura como de precipitación, y es, de hecho, donde se encontraron parte de los resultados más contundentes y se pudo hacer además una interpretación sinóptica de dichos resultados. El período entre la primera y última helada también está a decrecer, y continuará así al largo del siglo XXI, con los importantes efectos que tendrá sobre la agricultura. Hacia mediados del siglo XXI, el incremento de la temperatura promedio de Galicia será de 1,5 °C, siendo mayores los incrementos de la temperatura máxima que los de la mínima. La precipitación, que no muestra una tendencia clara en los últimos 40 años, podría disminuir su cantidad hacia mediados del siglo XXI, afectando por lo tanto al balance hídrico.

En los ecosistemas terrestres, se aprecian importantes evidencias de cambios en las fenofases vegetales y animales debido al incremento de la temperatura: en general se adelantan las floraciones y llegadas de algunas especies migratorias. Hacia el futuro, se predice una extensión de la distribución en el espacio de la vegetación de tipo mediterráneo y un adelanto de la floración de ciertas especies. No sabemos con certeza como va a afectar el nuevo escenario climático al número de incendios, pues esta variable está condicionada por las actuaciones humanas. Incendios más severos, combinados con mayores probabilidades de precipitaciones en otoño, tendrían consecuencias más negativas sobre las riadas y la erosión de los suelos. En relación con los caudales y disponibilidad de agua en el suelo, las tendencias son poco definidas, aunque se podría aguardar un ligero incremento de la sequía estival y de finales del invierno.

En relación a los ecosistemas marinos, en Galicia se observó un incremento de la temperatura superficial del mar de 0,2 °C/década, coherente con la tendencia global en



los últimos 40 años, y una ligera merma en las aguas subsuperficiales de las zonas más influidas por el afloramiento en las Rías Baixas. La salinidad aumentó en la superficie en las Rías Baixas pero no frente a las Rías Altas. El incremento observado en el nivel del mar en Galicia, entre 2,0 y 2,5 cm/década, es también similar al del océano global, que se vio especialmente acelerado en los últimos 20 años. La pérdida de la intensidad y duración del afloramiento en los últimos 40 años se debe a los cambios en el régimen de vientos, con una reducción significativa de la duración del período favorable al afloramiento en un 30% y de su intensidad en un 45%. Esta reducción del afloramiento contribuyó a duplicar el tiempo de renovación de las rías. Asimismo, es responsable de la posible merma de la producción neta en un 50% en la plataforma continental y en un 15% en las rías. Por otra parte, las tendencias en la corriente invernal hacia el Polo (CIP) no están claras debido a los efectos contrapuestos de los vientos del sur y al gradiente meridional de temperatura frente a las costas ibéricas. Se observa un descenso de pH de 0,052 unidades/ década. En el fitoplancton se registraron la disminución de las diatomeas y el incremento de los dinoflagelados en el período 1958-2006, pero no se encontraron tendencias claras en la biomasa ni en la productividad total. En el caso del zooplancton, se observó una merma de la biomasa y de los copépodos en el océano y un aumento en la costa en el mismo período. También se apreció un incremento de las especies de aguas cálidas. Veintiuna especies de peces de carácter tropical fueron encontradas en Galicia en los últimos años, y también se registró un incremento continuado de la producción de percebe en los últimos 14 años y de la expansión del morfotipo alargado, sin interés comercial. Estos cambios se deben probablemente al aumento en la temperatura y a la merma del afloramiento. Por otra parte, se encontró una relación negativa entre las precipitaciones intensas y las ventas de berberecho, y patrones similares también en las ventas de almeja babosa y, en menor medida, de almeja fina. Basándose en los cambios observados en el afloramiento, parece que la tasa de crecimiento y la calidad de los mejillones cultivados en batea mostraron un descenso en las últimas décadas, mientras que el período de extracción se redujo debido al aumento de la presencia de microalgas nocivas. La población de sardina ibérica presentó una merma a largo plazo acompañada de amplias oscilaciones decadales. Estos cambios parecen estar más relacionados con las variaciones a corto plazo del afloramiento que con las fluctuaciones del clima. Del mismo modo, las capturas de pulpo se redujeron significativamente, siguiendo los cambios en la frecuencia e intensidad de los vientos en los períodos de afloramiento y hundimiento. No obstante, las conclusiones actuales acerca de los efectos del cambio climático sobre los recursos marinos en Galicia están limitadas por la ausencia de series temporales de observación suficientemente largas y sistemáticas.

Basándose en el conocimiento actual de las tendencias observadas y en los escenarios climáticos previstos por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) en el horizonte de los años 2075- 2099, se puede pronosticar con bastante fiabilidad una subida del nivel del mar de entre 0,5 y 1,4 metros, un incremento de la temperatura superficial del agua de entre 1 y 3 °C y un descenso de pH en torno a 0,35 unidades. Estos efectos producirán, con una probabilidad elevada, cambios en la configuración de las costas, afectando a la distribución de las especies intermareales, con especial



referencia a los moluscos explotados en los bancos marisqueros. También producirían un descenso acusado de la capa de mezcla invernal en el océano adyacente a Galicia y, consecuentemente, una reducción sustancial de la biomasa de fitoplancton generada en la proliferación primaveral. Igualmente, favorecerían la llegada las costas gallegas de especies de peces subtropicales y la migración hacia latitudes mayores de especies propias de sistemas templados. Por último, la acidificación puede llegar a tener un impacto relevante sobre la fecundación, el desarrollo larvario, el crecimiento y la calcificación de los moluscos bivalvos explotables. Desafortunadamente, las predicciones sobre la evolución del régimen de vientos costeros son poco fiables, lo que impide tener predicciones fuertes sobre aquellas variables más dependientes de la frecuencia e intensidad del afloramiento, tales como la tasa de renovación de las rías o su fertilización, que a su vez ejercen un efecto directo sobre aspectos tales como la abundancia, la composición y la actividad del fitoplancton y del zooplancton, el reclutamiento de la sardina y del pulpo o el crecimiento y la calidad del mejillón. En cualquiera caso, y anticipando el principio de precaución requerido en las futuras medidas adaptativas, una reducción de la frecuencia e intensidad de los vientos de componente norte de la misma orden que la observada en la última mitad del siglo XX, en combinación con el aumento de la temperatura superficial de entre 1 y 3 °C, produciría una duplicación del tiempo de residencia de las rías, un descenso de la producción neta en torno al 15%, un aumento de la frecuencia de aparición y de la biomasa de dinoflagelados con el consiguiente incremento del número de días de cierre de los polígonos de mejillón, un descenso de la tasa de crecimiento y de la calidad de este molusco y una reducción de las capturas de pulpo y sardina, que probablemente se desplazaría hacia mayores latitudes.

5. El Cambio Climático en Galicia. Temperatura

El aumento de temperatura se constató a nivel global. Se estima que a nivel mundial a temperatura media anual aumentó desde 1850, $0,8 \pm 0,2$ °C (IPCC, 2007). Este calentamiento no fue constante ni homogéneo, destacando, por ejemplo, el incremento de temperatura desde mediados de los años setenta del siglo XX y, en especial, las temperaturas alcanzadas globalmente en el período 1995-2005 (IPCC, 2007). Por su parte, Europa sufrió desde 1900 un calentamiento mayor al global: 0,95 °C y este calentamiento fue aún mayor en algunas zonas como en la península Ibérica.

La localización latitudinal de Galicia la enmarca en la zona de circulación prevaleciente de los oestes. Por otra parte, su situación en el sector más noroccidental de la península Ibérica la configura cómo primer punto de llegada de las perturbaciones atlánticas. No obstante, la comunidad gallega recibe influencia de distintas masas de aire de características termodinámicas muy dispares. De este modo, llegan a Galicia tanto masas de aire cálidas y húmedas (tropicales marítimas) como varios tipos de masas de aire frío procedentes de latitudes superiores con distinto contenido de humedad (masas de aire ártico marítimo, ártico continental y polar continental). Galicia está, por lo tanto, localizada en una zona de transición de distintos tipos de masas de aire, del que se deduce que las conclusiones de estudios de variaciones climáticas realizadas tanto para



el norte de Europa como para otras zonas de España, como por ejemplo para el Mediterráneo, no son directamente extrapolables para la comunidad gallega, necesiéndose por consiguiente un estudio individualizado para esta región.

La temperatura anual aumentó 0,18 °C por década en el período 1961-2006. El incremento no fue homogéneo al largo del período, destacando el aumento abrupto desde 1972, llegando la tasa a duplicarse: 0,36 °C por década. El estudio de las anomalías de temperatura media anual en cada serie considerada individualmente reveló un comportamiento muy similar. La magnitud del incremento en temperatura en cada serie, por término medio este incremento es de 1,46 °C, valor semejante al registrado a nivel nacional para un período semejante: 1,53 °C en el período 1971-2000. Esto se traduce en una tasa de aumento muy superior a las predicciones máximas de los modelos climáticos: 0,4 °C por década (Parry et al., 2001), lo que supondría un incremento máximo de 1,2 °C en un período de treinta años.

Se corrobora un hecho comprobado en el resto de España: la mayor subida de temperaturas se da en el interior y no en la costa. De este modo, los mayores incrementos se producen en Lugo, Ourense y Santiago de Compostela, todas ellas ciudades del interior. No se puede olvidar en este punto el efecto suavizante del mar en las temperaturas, de forma que el mar actúa como agente termorregulador.

El aumento de temperatura fue algo más pronunciado y generalizado en las temperaturas máximas, aunque la diferencia respecto al incremento en las mínimas sólo es significativa en primavera.

Dentro del año, el aumento fue mayor en primavera y en verano; en invierno, en menor medida. Para una mejor comprensión de las diferencias estacionales observadas, si se analiza la evolución de la temperatura media en cada uno de los meses se confirma que el incremento de temperatura no fue homogéneo al largo del año.

Considerando el conjunto de series gallegas, se encontró un aumento de la temperatura media significativo en los meses de enero, marzo, mayo y agosto, quedando febrero, abril y julio al borde de la significación. Se confirma así el incremento observado estacionalmente, sobre todo en primavera, ya que los casos de marzo y mayo fueron los que mostraron una mayor pendiente. Cuando se analizó individualmente cada localidad, se confirmó en todos los casos que marzo fue el mes con mayor incremento, altamente significativo, seguido de mayo y agosto. Las variaciones en temperatura en estos meses, pero muy especialmente en el caso de marzo, fueron enormemente paralelas en las seis localidades estudiadas.

En invierno aumentó la temperatura máxima y descendió el número de días fríos. En primavera aumentó principalmente la temperatura máxima, la frecuencia de días y noches cálidas y descendió la frecuencia de días fríos.

El aumento en verano es más homogéneo, pero destaca respecto al resto del año el papel de las temperaturas mínimas, aumentando especialmente la frecuencia de noches cálidas y descendiendo la de noches frías. En otoño sólo se aprecia un descenso significativo de días y noches frías.

Los cambios en la temperatura media de las diferentes estaciones y en la anual entre finales del siglo XX y mediados del siglo XXI para este escenario A1B. Se producen



incrementos en todas las estaciones que son más pronunciados en verano, cuando el aumento de temperatura media supera los 2,5 °C en todo el país. En primavera el calentamiento oscila alrededor de 2 °C, algo inferior en la costa norte y superior en el valle del Miño-Sil. En otoño, la temperatura media aumenta alrededor de 1 °C en general, algo menos en la costa norte. En invierno el calentamiento es de alrededor de 1,25 °C prácticamente en toda Galicia. Como resultado de estas variaciones, la temperatura media anual se incrementa alrededor de 1,5 °C bastante uniformemente en Galicia.

En la primavera las máximas aumentan alrededor de 2 °C en casi toda Galicia, algo menos en la costa noroeste. En verano se produce el incremento mayor, superior a 2,5 °C en las zonas costeras y el área montañosa de la provincia de Ourense y alrededor de 2,25 °C en el resto de Galicia. En otoño se produce el menor aumento en las máximas, que va de menos de 1 °C en las zonas montañosas del este y costa noroccidental a un máximo de 1,25 °C en las Rías Baixas. En invierno el incremento es de 1,5 °C en general, algo menor en la franja costera atlántica y cuanto más al interior.

En cuanto a las temperaturas mínimas medias, los cambios que se predicen para las distintas estaciones serían:

- En primavera el aumento es mayor en las zonas de mayor elevación del sureste y este de Galicia con aumentos superiores a los 2 °C y más moderado en las provincias atlánticas con valores de 1,5 °C.
- En verano, como en el caso de las máximas, se produce también el mayor incremento de las temperaturas mínimas medias, con valores que van de los 1,5 °C en el valle del Miño a los 2,75 °C en las costa noroccidental.
- En otoño y en invierno las mínimas aumentan sólo moderadamente, menos de 1 °C en prácticamente todo el país.

Estacionalmente destaca en primer lugar el aumento, bastante similar, de la temperatura media en primavera y en verano, quedando el invierno al borde de la significación. En primavera el aumento de temperatura está especialmente relacionado con el aumento de las máximas, con una tasa que duplica la de las mínimas. Esta estación, de hecho, es la única en que un análisis de la oscilación térmica diaria muestra un aumento significativo. En verano el aumento de temperatura es más homogéneo, pero destaca la pendiente algo mayor observada en las mínimas, la diferencia del observado en el resto del año. En invierno llegan a aumentar significativamente las temperaturas máximas y en otoño no se aprecian tendencias significativas.

A nivel mensual, los resultados más destacables en la serie regional concretan los resultados encontrados a nivel estacional: el aumento en primavera es debido fundamentalmente a un claro incremento significativo en el mes de marzo, en temperaturas medias y máximas, el aumento en verano se debe a un aumento significativo en el mes de junio en promedio, máximas y mínimas, destacando además la tasa de aumento de las temperaturas mínimas en agosto, y el ascenso de las máximas en invierno parece justificarse por un aumento significativo en el mes de diciembre, quedando febrero al borde de la significación.

En relación a los extremos, los días cálidos aumentan preferentemente en primavera y en verano, estaciones en que también aumentan las noches cálidas pero a una tasa muy



superior en verano. Por otra parte, destaca el descenso de días fríos, generalizado y significativo en todas las estaciones del año. Este descenso muestra la mayor pendiente en todas las estaciones salvo en verano, donde la tasa de aumento de noches cálidas y descenso de noches frías muestra las mayores pendientes y mejores acoplamientos del modelo, acorde con la importancia de las temperaturas mínimas en esta estación e incidiendo en las posibles implicaciones sobre la salud de estos resultados, al aumentar las temperaturas nocturnas y la probabilidad de noches con temperaturas extremas, de los riesgos sobre la salud.

Tomadas en conjunto, destaca la mayor tasa de descenso de los días fríos que de aumento de días cálidos, indicando un claro cambio en la forma de la distribución de las temperaturas máximas y no un simple cambio en el promedio. Este resultado contrasta con el encontrado a nivel europeo (Klein Tank y Können, 2003) y nacional (Brunet et al., 2007b), donde, por lo menos en el período de mayor calentamiento, observan que el aumento en el número de extremos cálidos es claramente superior al descenso en extremos fríos.

6. El Cambio Climático en Galicia. Precipitación

En relación a la precipitación, en Galicia, sólo se aprecian tendencias en la cantidad total a nivel mensual. Se encuentra un descenso significativo en febrero y aumento en octubre, lo que parece apuntar a cierto cambio en la distribución de lluvia al largo del año, bien que el efecto no es suficientemente fuerte como para repercutir significativamente en el total estacional. Destaca asimismo la falta de tendencia significativa en el mes de marzo, documentada en otros puntos de la península Ibérica.

Los resultados son más contundentes en el análisis de extremos de precipitación: aumentan claramente los episodios de lluvia intensa en otoño y disminuyen en primavera. Además, se constata una merma de los períodos de retorno de los eventos extremos de precipitación.

Al estudiar las tendencias en las situaciones sinópticas se encontró una merma de situaciones de norte y noreste en primavera y en verano. Este descenso podría estar relacionado con la merma del afloramiento.

Por otra parte, aparece un aumento de situaciones con predominio de flujo de sudoeste en otoño. Este aumento podría ser el responsable del aumento de lluvia en otoño y concretamente, del aumento de los episodios de lluvia intensa en otoño.

En el que respecta a la precipitación acumulada anual, el promedio regional gallego y las medias subregionales no muestran ninguna tendencia significativa. Los análisis de las series individuales en general tampoco son significativas, aunque destaca la pendiente positiva y significativa de la serie de Betanzos y varias series de la subregión 3 que muestran una tendencia negativa significativa, alguna de las cuales no fue incluida en el cálculo regional o subregional por estar demasiado próximas.

A nivel estacional ninguna tendencia llega a ser claramente significativa, aunque destaca en la subregión 3 el invierno con tendencia negativa, casi significativa, y el otoño con tendencia positiva, también al borde de la significación.

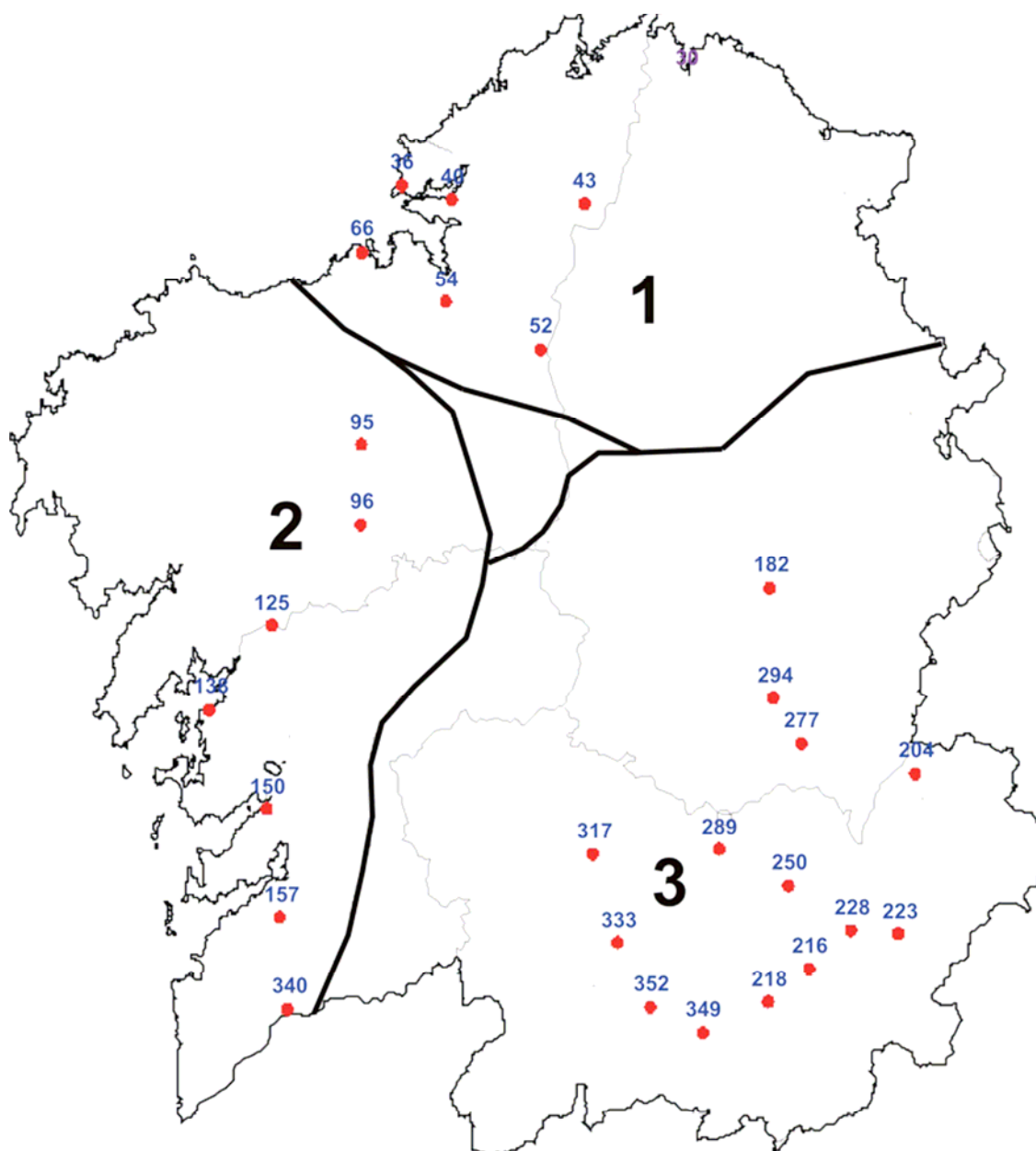


Figura5. Esquema de zonas definidas y subgrupo de series usadas en el cálculo de las medias subregionales.

El análisis de la precipitación acumulada a nivel estacional reveló la existencia de una tendencia positiva en todas las localidades en otoño, aunque el incremento a lo largo del tiempo fue significativo únicamente en el caso de Pontevedra y Ourense, quedando Santiago de Compostela y Vigo cerca de la significación. En sentido contrario, en invierno encontramos una tendencia negativa, pero el descenso en precipitación sólo fue estadísticamente significativo en el caso de Vigo. En primavera y verano no se observó ninguna tendencia.

Continuando con el estudio de las variaciones observadas en precipitación, cuando se descendió a nivel mensual, únicamente se encontró un patrón muy consistente de



descenso significativo de lluvia en febrero en cada una de las localidades estudiadas. La tendencia detectada parece estar relacionada con una mayor frecuencia de anomalías negativas en los últimos años (prácticamente desde 1997 con valores inferiores al promedio en todos los casos).

Los resultados más claros aparecen a nivel mensual: en el promedio gallego hay un descenso casi significativo en febrero y un aumento significativo en agosto y octubre. Tomados en conjunto, los análisis de precipitación indican que, se bien no detectamos ninguna tendencia en precipitación anual, el análisis estacional parece sugerir un posible cambio en la distribución de la precipitación al largo del año, con otoños más lluviosos e inviernos menos húmedos, principalmente debido al descenso de precipitación observado en febrero

El análisis en cada subregión matiza algo la distribución espacial de estos resultados (figura 4). En la subregión 1 sólo resulta significativo el aumento de octubre de hecho, esta subregión es la única en que a nivel anual a tendencia, aunque NS, es positiva). En la subregión 2 la pendiente es claramente negativa en febrero y positiva en octubre . En la subregión 3 la pendiente es acusada y claramente negativa en febrero , relacionado con el hecho de que en esta subregión hay varias series individuales que llegan a mostrar una tendencia negativa en invierno (no mostrado) y positiva y significativa tanto en agosto como en octubre.

Destaca también, además de la generalización del aumento de precipitación en el mes de octubre, la ausencia de tendencia significativa en el mes de marzo, la diferencia del descenso significativo encontrado en estudios de otras zonas de España, incluso en aquellos que incluyen el año 2001.

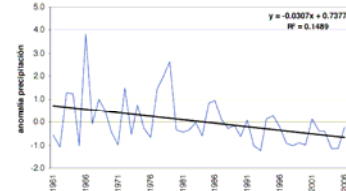
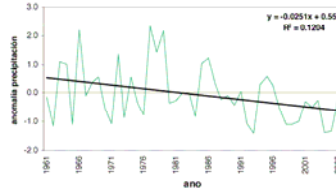
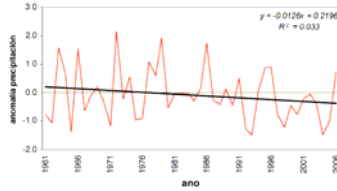


Subrexión 1

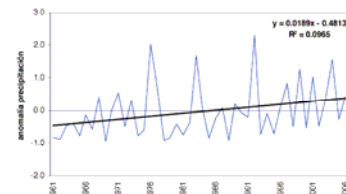
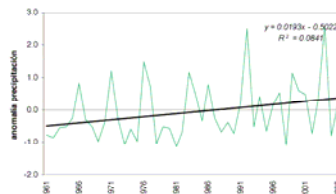
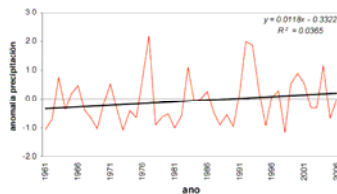
Subrexión2

Subrexión3

Febreiro



Agosto



Outubro

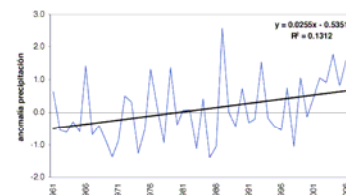
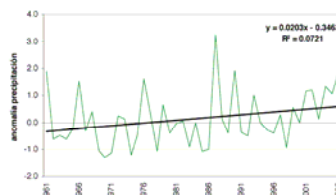
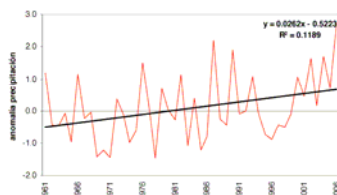


Figura 6. Variación interanual de la anomalía respecto al período 1971-2000 de la precipitación total mensual en cada serie subregional. La línea muestra la pendiente estimada por regresión lineal.

Los resultados son más contundentes en el caso de la frecuencia de días de lluvia intensa; disminuye significativamente en primavera y aumenta en otoño. El descenso significativo en primavera se mantiene, mientras que el ascenso en otoño es más generalizado en el territorio y se mantiene incluso aunque no se incluya el extremo del año 2006.

Estos resultados contrastan con el observado recientemente en Cataluña (Martínez et al., 2007) y en un estudio global de la península Ibérica (Rodrigo y Trigo, 2007), donde se encuentra en general un descenso de precipitaciones intensas, mientras que encajan con el encontrado en el norte de Portugal (Pereira et al., 2008), donde también se observa el descenso significativo de lluvia intensa en primavera y se insinúa un aumento de estos episodios en otoño (este aumento probablemente no llega a ser significativo porque su período de análisis acaba en 1999). El contraste de resultados pone de manifiesto una vez más la heterogeneidad de esta variable y los riesgos de hacer extrapolaciones desde estudios más globales.

7. El Cambio Climático en Galicia. Días de nieve

Sobre los días de nieve en Galicia y en relación a los períodos de 1961-1990 y 1971-2000, que recoge la Guía resumida del clima en España (MMA, 2002) se puede apreciar



cómo en el período normal de 1961-1990 se manifiesta ya un descenso sistemático de los días de nieve en relación con 1926-1950 en todos los observatorios gallegos, que será del 26% en Lugo, 38% en Santiago de Compostela y del 100% en Pontevedra. En la costa cantábrica se muestra también esta reducción en los días de nieve, que serán del 45% en Gijón y del 51% en Santander. Para el período 1971-2000, esta tendencia al descenso se acentúa, de tal forma, que las reducciones en el número de días de nieve en relación con el período 1926-50 serán del 50% para Santiago de Compostela y del 30% para Lugo.

Esta reducción en los días de nieve en Galicia que se manifiesta ya a partir de los valores del período normal 1961-1990 se puede confirmar con alguno otro dato que se tiene de observatorios aislados, como sucede en el caso de Lalín, a 550 m de altitud, cuando se comparan los valores de la década 1929- 1938, con 6,4 días de nieve, con las décadas de 1955-64, 1965-1974 y el período 1975-1982, con 3,4, 4,5 y 4,7 días de nieve, respectivamente.

Como conclusión sobre los análisis realizados con las diferentes series de datos consideradas, se puede poner en evidencia en Galicia un descenso en el número de días de nieve, por lo menos desde la década de los sesenta, que de todas formas manifiesta una grande variabilidad temporal e incluso cierto carácter cíclico, lo que hace que la interpretación de esta tendencia descendente sea bastante compleja.

Posiblemente, no pueda ser interpretada exclusivamente como consecuencia del ascenso de las temperaturas que se viene apreciando en Galicia desde la década de los setenta y deban considerara también factores relacionados con las precipitaciones, de pronóstico mucho más difícil dentro del contexto del cambio climático.

8. El Cambio Climático en Galicia. Análisis del riesgo de heladas

A partir de los datos obtenidos en los calendarios meteorofenológicos del Ministerio de Medio Ambiente, se estudiaron las fechas de aparición de la primera y última heladas del año desde el año fenológico 1970-1971 incluso el 2004-2005. Para este período se tienen datos de un total de tres estaciones repartidas por el territorio gallego y una de León, muy próxima a Galicia. Las estaciones empleadas son las que se muestran en la figura 16. El procesamiento de los datos se realizó empleando la equivalencia del día del calendario en que tiene lugar la primera y última helada con el día juliano correspondiente, igual que se hizo para el estudio de las fenofases de las plantas, aves e insectos, y mediante regresión lineal simple se analizaron también las tendencias de las series observadas.



Figura 7. Estaciones empleadas en el análisis de las fechas de la primera y última helada del año y número de días con helada al año.

En las cuatro estaciones analizadas se dispone de como mínimo 27 años de observaciones de las fechas en que tienen lugar a primera y última heladas del año. Se analizaron las variaciones de las tendencias de ambos eventos para las cuatro estaciones buscando aquellas tendencias en que se observen variaciones estadísticamente significativas. Los resultados obtenidos muestran variaciones significativas para dos de las series de la primera helada, correspondientes a las estaciones de Ourense y Ponferrada.

La evolución de las fechas en que tiene lugar a primera helada para A Lavacolla y Lugo (punto centro) apenas muestra variación, no siendo estadísticamente significativas, mientras que la evolución de las fechas para las últimas heladas del año para esas mismas estaciones sí mostraron considerables variaciones en las últimas décadas, estimándose que se producirá un adelanto de 39 días en 30 años de la fecha en que se produce la última helada en la Lavacolla y de 9 días en 30 años para Lugo (punto centro).

La tendencia para la primera helada del año en Ourense y Ponferrada es a irse retrasando 18 y 10 días en 30 años respectivamente, mientras que la última helada del año se ve adelantada 14 días en 30 años para Ourense y 13 días para Ponferrada, lo que se traduce en una reducción del período en que se producen heladas durante el año. Analizando el número de días con helada en las últimas décadas para estas dos estaciones, vemos que el valor por término medio de los últimos años para los días con



helada al año es de 27 en Ourense y 42 en Ponferrada, y la predicción a 30 años indica una reducción de 16 días en Ourense y de 9 en Ponferrada.

El retraso paulatino en las fechas en que tienen lugar las primeras heladas del año, así como los adelantos de las fechas de la última helada, provoca una reducción del período de tiempo dentro del cual tienen lugar las heladas en las últimas décadas, lo que se traduce en la merma del número de días con helada por año, como se comprobó en las observaciones realizadas en las estaciones. Estos cambios fueron mucho más notables en las estaciones más orientales de Galicia y en Ponferrada, mientras que en la Lavacolla los cambios fueron menos marcados.

Basándose en los resultados obtenidos, se pueden ver claras diferencias entre el número de días con helada al año en función de la distribución geográfica de las estaciones analizadas, siendo claramente inferiores en las estaciones más occidentales con un término medio de 11 días con helada al año para A Lavacolla, que contrastan con los 44 días para la estación de Lugo.

9. El sector agroforestal y el Cambio Climático

Según el cuarto reporte del Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC), el sector agrícola es responsable de entre un 10-12 % (5.1-6.1 Gt CO₂-eq/yr) del total de emisiones de gases de efecto invernadero de procedencia antropogénica. Tres de los principales gases responsables del calentamiento global (CO₂, N₂O Y CH₄) son emitidos a la atmósfera a través de actividades agrícolas, siendo éstas responsables de hasta el 60 % del flujo total de óxido nítrico (N₂O), y de aproximadamente el 50% del de metano (CH₄). Por tanto, el potencial de la agricultura para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero es indudable, habiéndose estimado que puede representar una reducción en las emisiones totales de gases de efecto invernadero de hasta un 11% (5500-6000 MtCO₂-eq/yr) en el año 2030. El llamado secuestro de carbono en el suelo es la estrategia más eficiente, siendo responsable de hasta un 90% de este potencial. Existen diversas opciones para mitigar dichas emisiones por medio de la agricultura, habiendo sido clasificadas en tres grandes grupos:

Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero: a través de un manejo más eficiente de los flujos de carbono y nitrógeno en sistemas agrícolas. En este aspecto, el correcto manejo de los fertilizantes es una de las principales medidas a considerar. Un uso más eficiente de los fertilizantes nitrogenados, por ejemplo, puede reducir significativamente las emisiones de N₂O. Algunas de estas medidas incluyen:

1. el ajuste de las cantidades de aplicación basado en un cálculo más preciso de las necesidades del cultivo a tratar,
2. el empleo de fertilizantes de liberación mas lenta del elemento en cuestión, como los fertilizantes orgánicos en lugar de químicos
3. la aplicación del fertilizante cuando es menos susceptible a ser lavado, idealmente justo antes de su toma por la planta.
4. una aplicación más precisa del fertilizante en el suelo, de modo que se hace más accesible para las raíces de la planta



5. evitar las aplicaciones de nitrógeno más allá de las necesidades inmediatas de la planta.

Otras medidas de reducción de emisiones incluyen una disminución de las tareas de labranza, ya que éstas tienden a incrementar las pérdidas de carbono del suelo. Por ejemplo, avances en el control de las malas hierbas y nueva maquinaria agrícola permite ya el crecimiento de cultivos en todo el mundo con mínimas tareas de labranza. Sin embargo, reducir la labranza o no llevarla a cabo también puede afectar las emisiones de N₂O, un efecto que varía según las condiciones climáticas y del suelo, en unos casos aumentando y en otros disminuyendo las emisiones netas de N₂O.

La adopción de cultivos con menor necesidad de fertilizantes y pesticidas es otra forma de reducir las emisiones. Un ejemplo importante es el uso de rotaciones de cultivo con leguminosas, que no requieren la adicción de fertilizantes nitrogenados (son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en formas asimilables por la planta) y que por tanto suponen una reducción en las emisiones de este tipo de compuestos. Además de poseer variedades capaces de adaptarse a todas las regiones de Europa, el cultivo de leguminosas representa una opción muy rentable por la posibilidad de emplear sus granos en el mercado de alimentación animal y por el ahorro considerable en fertilizantes.

Aunque no existen muchos estudios científicos en este sentido, la agricultura ecológica se considera indudablemente una estrategia eficaz para reducir las emisiones. En primer lugar, el hecho de no emplear fertilizantes ni pesticidas químicos o de síntesis, supone un ahorro en combustibles fósiles. Este tipo de prácticas emplea fertilizantes orgánicos en lugar de químicos; de esta forma, se consigue una reducción en la emisión de N₂O, ya que los fertilizantes nitrogenados orgánicos liberan el nitrógeno de forma más lenta, por lo que las pérdidas por lavado son menores. Además, se ha estimado que los cultivos ecológicos necesitan la mitad del nitrógeno que un cultivo convencional. Con respecto al carbono, los fertilizantes orgánicos empleados en este tipo de agricultura permiten un mayor secuestro de este elemento en el suelo, con lo que también así se reducen las emisiones de CO₂.

En cuanto al ganado, los rumiantes constituyen una fuente importante de emisiones de metano a la atmósfera, representando un tercio de las emisiones antropogénicas totales de este gas. La mejora en la alimentación del ganado puede reducir considerablemente las emisiones. Por ejemplo, la alimentación a base de concentrados, el suministro de aceites especiales en la dieta o la optimización de la toma de proteína para reducir la excreción de nitrógeno. También existen ya agentes específicos para la reducción o supresión de la metanogénesis en estos rumiantes, como diversos antibióticos, ionóforos o compuestos naturales como los taninos, aunque estas medidas no parecen representar una medida eficaz ya que su acción es transitoria y los efectos secundarios considerables.

En cuanto a las emisiones de metano y óxido nitroso de los estiércoles almacenados, éstas pueden reducirse considerablemente mediante su enfriamiento, uso de cubiertas, separación mecánica de la parte sólida de la líquida y la captura del metano emitido. La digestión aeróbica del estiércol maximiza la recuperación de metano, pudiendo éste ser usado como una fuente de energía renovable.



Aumento de los sumideros o 'secuestro de carbono en el suelo': los suelos agrícolas pueden representar sumideros de carbono, cuando la cantidad de carbono que entra en el suelo, en general en forma de carbono orgánico mediante producción primaria por la planta o fotosíntesis es mayor que la cantidad de carbono que abandona el suelo mediante procesos de respiración, transferencias laterales, lixiviado y cosecha. Cualquier práctica que aumente la toma de carbono atmosférico por la planta y ralentice su liberación en forma de CO₂ atmosférico o por erosión del suelo, incrementará el sumidero de carbono en el suelo. En general, el secuestro de carbono en el suelo será favorecido siempre que se empleen prácticas agrarias que aumenten la entrada de carbono en el suelo o disminuyan su descomposición, por tanto con prácticas:

- a) que minimicen la erosión de los suelos, por ejemplo reduciendo en lo posible la frecuencia e intensidad de las tareas de labranza y de los periodos de barbecho
- b) que maximicen la cantidad de residuo agrícola que retorna al suelo, como mediante la extensión de la rotación de cultivos con cultivos perennes (que almacenan mas carbono bajo el suelo) o mediante la aplicación controlada de estiércol
- c) que maximicen la eficiencia de uso de agua y nutrientes por los cultivos. Por ejemplo, mediante el uso de variedades de cultivo mejoradas y de sistemas de riego más eficientes.

Una de las medidas más eficaces en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es la conversión de terrenos de cultivo a otro tipo de cobertura vegetal, por lo general una similar a la vegetación autóctona. Por ejemplo, la conversión de suelo cultivado a praderas resulta en un aumento del carbono que permanece en el suelo. Obviamente, ésta es una estrategia drástica y no siempre se puede llevar a cabo, sobretodo por razones económicas. Se ha demostrado que la introducción de especies herbáceas más productivas o que almacenan carbono a niveles más profundos del suelo pueden aumentar el sumidero de carbono en el mismo de manera considerable.

Desplazamiento de las emisiones: los propios cultivos o sus residuos pueden ser usados como una fuente de combustible que sustituiría en parte a los combustibles fósiles. No hay que olvidar que estos biocombustibles también liberan CO₂ en su combustión, pero en su caso el carbono que quemamos es de origen atmosférico reciente y no de origen fósil (aunque se emite carbono, este también se ha consumido antes durante el crecimiento de la planta, por lo que al final se emite menos); además, la biomasa constituye una fuente de energía renovable frente a las reservas de petróleo, la mayoría de las cuales ya en declive.

Diversos productos agrícolas se utilizan ya para la producción de biocombustibles, ya sea quemándolos directamente o tras ser procesados para dar lugar a líquidos que son los que experimentan la combustión. Pueden emplearse los propios productos agrícolas cosechados (sorgo, trigo, cana de azúcar o diferentes especies arbóreas), o bien sus residuos, tales como el estiércol. Un ejemplo lo constituye Brasil, productor pionero a nivel mundial de bioetanol obtenido a partir de la cana de azúcar, más rentable que otros cultivos por su menor necesidad de fertilizantes.

Si bien los biódieseles representan una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, también debe tenerse en cuenta que si empleamos el propio cultivo para la producción del combustible, existe el riesgo de competición entre este tipo de cultivos y



cultivos destinados a alimentación por el suelo agrícola, lo cual se ha sugerido podría representar una alza en el precio de los productos alimentarios. Por todo ello, se ha propuesto emplear ya sea cultivos no alimentarios o bien los residuos agrícolas tales como los tallos provenientes de cultivos de trigo o maíz.

10. El Cambio Climático en Galicia. Recursos edáficos

1. Introducción

El suelo soporta la producción primaria en los ecosistemas terrestres. Por lo tanto, la producción de alimentos y fibras para la humanidad depende en gran medida de los recursos edáficos. A las escalas de tiempo humana y ecológica, el recurso suelo es no renovable, por lo que su conservación es un factor crítico para garantizar las demandas crecientes de alimentos en el mundo. Los suelos pueden ser fuente y sumidero de carbono (C). Por lo tanto, los suelos contribuyen a la regulación del ciclo del carbono y sus consecuencias en el cambio climático. El cambio de usos del suelo es la fuerza motriz que determina el papel fuente o sumidero de C del suelo. La roturación de tierras ha supuesto una pérdida de carbono orgánico y el aumento inmediato de las emisiones de carbono, mientras que la reforestación de tierras cultivadas comporta un aumento en el secuestro de carbono. Sin embargo, el secuestro de C por forestación u otros cambios a usos no agrícolas, sólo recupera muy lentamente la materia orgánica perdida por el cultivo y las diferencias de escala temporal entre pérdidas antrópicas y recuperación son generalmente de varios órdenes de magnitud. Por otra parte, las propiedades de los suelos son sensibles al cambio climático. Las predicciones de los modelos de circulación global para la cuenca Mediterránea, que comportarían una acentuación de la sequía, aumentarían el riesgo de intensificación de los procesos de desertificación. Gran parte de los impactos del cambio climático en los suelos están mediatizados por el contenido de materia orgánica. En suelos minerales, la relación aproximada entre materia orgánica y C orgánico del suelo (OC) es $1,724 \times \% \text{ OC} = \% \text{ materia orgánica}$. El aumento de temperatura incidiría en una mayor tasa de descomposición de la materia orgánica. El aumento de la sequía tendría un efecto contrario. El posible aumento de la productividad vegetal debido al efecto fertilizador de un aumento del CO₂ atmosférico comportaría aumento de los aportes de materia orgánica al suelo, especialmente en cultivos intensivos (sin limitaciones hídricas ni nutricionales). En ecosistemas naturales en los que la productividad está limitada por la escasez de N, la fertilización por contaminación atmosférica de N puede también comportar un aumento de los aportes de materia orgánica al suelo. Por el contrario, la disminución de la productividad por intensificación del estrés hídrico conllevaría pérdidas de materia orgánica. El previsible aumento de los incendios forestales, supondría pérdidas de materia orgánica (especialmente de la hojarasca) y aumento del riesgo de erosión. Incrementos en la erosión del suelo suponen pérdida de los horizontes del suelo más ricos en materia orgánica. En zonas donde los incendios forestales son un fenómeno recurrente, como en la cuenca mediterránea, la producción de formas altamente estables de materia orgánica durante la combustión de biomasa puede contribuir a la estabilización de C a medio plazo. Todos estos procesos no son mutuamente excluyentes y la interacción entre



algunos de ellos puede tener un efecto multiplicador. La materia orgánica interviene en la fertilidad y productividad natural de los suelos:

- 1) como fuente de macronutrientes, especialmente N y P;
- 2) sustrato de la actividad microbiana del suelo;
- 3) La materia orgánica humificada contribuye en gran medida a la capacidad de retención de nutrientes y sustancias contaminantes (capacidad de intercambio catiónico y aniónico);
- 4) las sustancias húmicas de menor peso molecular (ácidos fúlvicos) mejoran la solubilidad de algunos micronutrientes esenciales así como de metales tóxicos;
- 5) es un factor crítico en la estructuración del suelo y su estabilidad y, en consecuencia, de las propiedades físicas que se derivan: capacidad de infiltración de agua, capacidad de retención de agua útil para las plantas, aireación, compactación, erosionabilidad. Otro proceso que se verá probablemente afectado por el cambio climático es la salinización del suelo. Las proyecciones de aumento de la evapotranspiración y de la sequía comportarán la remontada del nivel freático, la intrusión salina y la acumulación de sales en la zona de enraizamiento del suelo en clima árido y semiárido.

En resumen, los procesos que más afectarían a la pérdida de fertilidad de los suelos gallegos y a su degradación son: pérdida en el contenido de materia orgánica, disminución de la estabilidad estructural, disminución de la actividad biológica del suelo, aumento del riesgo de erosión, extensión de la salinización. Estos procesos pueden ser mitigados con un adecuado manejo de las técnicas de cultivo, del laboreo, riego y gestión de las enmiendas orgánicas, así como de la reforestación de tierras yermas. En definitiva, las técnicas de reducción del impacto climático en los suelos se dirigen especialmente a aumentar los contenidos de materia orgánica de los mismos que, a través de una mejora de su fertilidad, desencadenan así mismo un efecto multiplicador en la capacidad de los ecosistemas para fijar carbono atmosférico y con ello contribuir a la mitigación del cambio climático a largo plazo. Los usos de las tierras probablemente van a cambiar como consecuencia del cambio climático, abriendo oportunidades a nuevos cultivos y variedades adaptados a las nuevas condiciones, incluyendo también los correspondientes cambios en las prácticas agronómicas.

Además de los impactos del cambio climático sobre las propiedades del suelo y su funcionamiento, resulta también del mayor interés conocer la influencia del suelo sobre dicho cambio. La cantidad global de carbono orgánico en el suelo tiene una influencia directa en los niveles de CO₂ atmosférico. Ligeros cambios en el contenido de materia orgánica, ya sean positivos o negativos, pueden tener un efecto apreciable sobre el CO₂ atmosférico. Por otra parte, en suelos encharcados de forma permanente o temporal, las emisiones de CH₄ (metano) y N₂O (óxido nítrico) también contribuyen al efecto invernadero. El secuestro del carbono orgánico por los ecosistemas terrestres forma parte de un ciclo biológico muy activo, por lo que una parte importante del carbono actualmente retenido por los suelos puede volver a la atmósfera en un tiempo relativamente corto. De esta forma, el secuestro del carbono por los ecosistemas terrestres se debe considerar como un almacenamiento temporal más bien que permanente. En este sentido, se estima que los suelos dedicados al cultivo han perdido



entre un 20-40% de su materia orgánica respecto al que tenían con vegetación natural y se considera que mediante la utilización de prácticas de laboreo de conservación es posible el recuperar en parte los niveles de materia orgánica del suelo originarios. Dentro de los ecosistemas terrestres, el almacenamiento actual de carbono es mucho mayor en los suelos que en la vegetación, particularmente en los ecosistemas no forestados de latitudes medias y altas. Además, el retorno del carbono almacenado a la atmósfera es más lento en el suelo que en la vegetación. También, el carbono retenido en el suelo se encuentra bastante mejor protegido contra los incendios y otras perturbaciones.

2. Efecto del cambio climático sobre la materia orgánica del suelo en Galicia

El cambio climático va a ejercer una influencia sobre el contenido en materia orgánica del suelo a través de un efecto directo sobre los procesos de acumulación y mineralización y otra indirecta a partir de su influencia sobre los cambios de uso del suelo. Según diferentes estudios, realizados a partir de modelos, es probable que sea más importante la influencia ejercida indirectamente sobre los cambios de uso del suelo que la desarrollada directamente sobre los procesos que regulan el balance de materia orgánica del suelo. No es posible hacer predicciones precisas sobre la respuesta de los ecosistemas a estos cambios. Subsisten grandes lagunas de aumento del CO₂ atmosférico, o un aumento de la temperatura (con o sin disminución de la precipitación), pero no ambos efectos a la vez. Pueden mencionarse, sin embargo, dos grupos de efectos:

A) Efectos del aumento de CO₂ atmosférico

Posible aumento de la producción primaria. Admitiendo un aumento de la producción primaria derivado del efecto fertilizante del aumento de CO₂ atmosférico, el mantenimiento del carbono secuestrado en el suelo sería importante si la asignación del plus de carbono fijado pasa a formas de carbono de descomposición lenta (carbono estructural: lignocelulosa, suberina, formas resistentes varias). La información disponible parece sugerir lo contrario. En ecosistemas praterales de USA, en clima mediterráneo, observan en tres años un aumento de la biomasa, raíces, detritos enterrados y materia orgánica del suelo. Sin embargo el medio plazo no está clara: podría perderse con la misma facilidad con que se ha acumulado. Más importante que el aumento en sí es la aceleración del ciclo de carbono en el suelo. La combinación del aumento del CO₂ junto al de la temperatura resultaría en una disminución de la calidad del materia orgánica. En concreto, aumento del índice C/N. Se considera un resultado probable del aumento del CO₂ atmosférico, que en principio debería traducirse en una descomposición más lenta de los residuos vegetales, y por tanto en una mayor acumulación de carbono en el suelo. No está claro si ello ocurrirá realmente, porque los estudios experimentales no han detectado de un modo concluyente que los restos provenientes de plantas cultivadas en atmósfera enriquecida en CO₂ se descompongan más lentamente que sería indetectable en condiciones reales. Particularmente importante es la observación de suelo y de la complejidad de su red trófica: en suelos con una comunidad pobre y una red trófica sencilla, la hojarasca obtenida en atmósfera enriquecida en CO₂ se descompone más lentamente que la hojarasca control, pero este



resultado se invierte en caso de haber en el suelo una comunidad variada y una red trófica compleja. Efectos sobre la actividad microbiana. Se han observado efectos positivos sobre la actividad microbiana y actividades enzimáticas varias, que en principio se traducirían en una mayor actividad descomponedora y por tanto en una disminución del contenido de carbono en el suelo. Sin embargo los efectos parecen ser a corto plazo; en pocos años se vuelve a los valores de actividad normales. Este resultado debe tomarse con precaución, porque es prácticamente imposible separar los efectos directos sobre las actividades microbianas de los efectos indirectos debidos al aporte de exudados radiculares y otras formas lábiles de carbono por parte de las raíces, que también sufren un aumento debido al incremento de CO₂ (y que tampoco se mantienen más allá de unos pocos años). conocimiento, porque la mayor parte de los trabajos publicados simulan experimentalmente un los de plantas control..

B) Efectos del aumento de la temperatura

La producción primaria aumentaría si no se produjera una disminución sustancial de la disponibilidad de agua. Para España, los modelos proyectan una disminución a medio plazo de la producción de los bosques aunque se vería acompañada de un aumento de los aportes de hojarasca por disminución de su vida media. En un transecto de pinares europeo, desde Escandinavia hasta España, se ve que los aportes de hojarasca (de la fracción acículas) disminuye linealmente con la latitud entre 48 y 67° N, mientras que vuelve a disminuir en condiciones mediterráneas. Probablemente, en este transecto aparece el factor sequía como reductor de los aportes en las parcelas mediterráneas. Aumento de la tasa de descomposición. El aumento de la temperatura afecta más a la tasa de descomposición que a la producción primaria, por lo que el resultado neto debería ser una disminución del contenido de materia orgánica del suelo. En principio, el trabajo con suelos reales parece confirmar esta predicción, aunque la situación será probablemente más compleja, puesto que si el aumento de la temperatura media se acompaña de un aumento de la aridez, la tasa de descomposición debería disminuir.

Durante un incendio forestal se libera una gran cantidad de CO₂ a la atmósfera, sin embargo a medida que el ecosistema afectado vuelve a crecer y se recupera, el CO₂ es captado y fijado vía fotosíntesis incorporándose nuevamente al sistema, de esta forma puede considerarse que el balance neto de C a medio plazo es nulo si los procesos erosivos no son dominantes. Sin embargo, durante los incendios se producen modificaciones en la dinámica de los materiales orgánicos que conducen a la creación de formas más resistentes a la degradación y por ello a procesos de secuestro de C en la geosfera.

La materia orgánica del suelo resulta del balance de entradas, aporte de hojarasca (o enmiendas orgánicas en cultivos) y raíces muertas, y salidas, descomposición (más lixiviado de materia orgánica soluble). En ecosistemas forestales, los aportes de hojarasca podrían aumentar según las salidas de los modelos, aunque comparando transectos climáticos de bosques actuales parece que la sequía reduce los aportes. Por otra parte, en estudios multitemporales de encinares de Cataluña, la producción de hojarasca se relaciona de forma lineal y significativa con la producción primaria neta de



la parte aérea del bosque. En condiciones húmedas (Norte de España) parece esperable un aumento de los aportes, pero en la España seca este aspecto se mantiene bastante incierto. En relación con la tasa de descomposición, todos los estudios coinciden en su aceleración con el aumento de temperatura, a menos que se vea acompañada de condiciones de sequía, en cuyo caso la tasa de descomposición se reduciría. En condiciones mediterráneas, la respiración del suelo y la mineralización de la materia orgánica están limitadas por la temperatura en invierno y por la sequía en verano. Según algunos autores, se esperaría una disminución general de la respiración del suelo en los escenarios de cambio climático aceptados para las condiciones mediterráneas. Por lo tanto, los cambios proyectados supondrían un aumento de la tasa de descomposición en la España húmeda y su disminución en la España mediterránea. Los modelos de ciclo del materia orgánica y los estudios de transectos climáticos sugieren una disminución de la materia orgánica del suelo como consecuencia del aumento de la temperatura y de la sequía. Los datos procedentes de los transectos son bastante consistentes en la medida en que se basan en análisis directos de la materia orgánica edáfica. Sin embargo, estos datos no son compatibles con un aumento de los aportes y una disminución de la tasa de descomposición supuestos en el párrafo anterior para la zona mediterránea. Cabría concluir, por lo tanto, como más probable una disminución generalizada de los contenidos en materia orgánica del suelo, que en las zonas mediterráneas vendría determinado por una reducción de los aportes de hojarasca, con la incertidumbre asociada a este último proceso.

3. Efectos del cambio climático sobre la comunidad microbiana y faunística del suelo

Los organismos del suelo están fuertemente influenciados por la cubierta vegetal en general, por lo que es en principio previsible que se produzcan alteraciones de la composición de las comunidades de organismos del suelo concomitantes con los cambios de uso del suelo y ambientales derivados del cambio climático. Flora microbiana. La microflora está adaptada a sobrevivir a cambios importantes en la temperatura del suelo (cambios día-noche de decenas de grados, en verano; cambios estacionales también importantes) y en el contenido hídrico (gran estacionalidad en clima mediterráneo); tales cambios son de una magnitud superior a los tanto, los efectos directos no deberían ser muy significativos. Los resultados obtenidos por actividad microbiana expuesta a una atmósfera enriquecida en CO₂ vuelve al nivel de los suelos control en apenas dos años. Ello puede ser debido a la gran redundancia de la comunidad microbiana; hay muchos táxones distintos que parecen ocupar el mismo nicho ecológico, compitiendo por los mismos substratos. Algunos pueden resultar favorecidos por el cambio climático, mientras que otros pueden ser perjudicados; en cualquier caso siempre hay un táxon análogo a otro perjudicado, preparado para ocupar su función. Incluso asumiendo que la biodiversidad microbiana resultara perjudicada (lo cual está por demostrar), no está claro que ello afectara al funcionamiento del suelo en el ecosistema global. Este es el resultado que parece desprenderse de la mayoría de estudios en que la biodiversidad microbiana del suelo se ha reducido artificialmente, por fumigación o por irradiación. Al aumentar la temperatura aumenta la respiración, pero el efecto depende del estado nutricional del suelo, siendo menos acusado en suelos



oligotróficos. El aumento de la respiración es debido al aumento de la actividad de la microflora, porque en realidad el aumento de la temperatura se traduce en una disminución de la biomasa microbiana. En el caso de suelos no agrícolas empobrecidos en nutrientes, la actividad microbiana se vería menos afectada por el aumento de temperatura, por lo que son más bien los suelos ricos en materia orgánica (que suelen ser también ricos en N y P) los que corren un mayor peligro., en suelos mediterráneos, están de acuerdo con esta predicción: la aumentos de temperatura media y al aumento o disminución previstos para la precipitación.

En conjunto, el efecto del cambio climático sobre la fauna del suelo es mucho menos predecible que el efecto sobre la reserva de carbono orgánico. Se dispone de bastantes estudios realizados en microcosmos, pero la diversidad de resultados hace difícil extraer un patrón claro. Se suele aceptar que la elevación del CO₂ atmosférico, por sí misma, tendrá poco efecto sobre la fauna del suelo porque ésta ya está adaptada a la atmósfera edáfica que es muy rica en CO₂. No obstante, se observa un aumento de la actividad de las lombrices en suelos sometidos a una atmósfera enriquecida en CO₂. Caso de confirmarse, estos resultados serían relevantes por la gran importancia de las lombrices en el mantenimiento de la fertilidad natural de los suelos y en la dinámica de la materia orgánica. No hay mucha información disponible, pero los estudios en que artificialmente se ha elevado la temperatura del suelo en condiciones de campo han observado un aumento de la biomasa y diversidad de la mesofauna, a condición de que la disponibilidad hídrica no disminuya. La desaparición de especies incapaces de resistir sequías estivales prolongadas es un efecto esperable. No está claro qué efectos puede tener esta desaparición sobre el funcionamiento altamente redundante, con un número de especies muy superior al necesario para un caso, la simplificación de la comunidad animal del suelo debería tener como consecuencia la aceleración de los ciclos biogeoquímicos, dado que una red trófica rica y compleja se traduce en una reducción de la intensidad de la descomposición de la materia orgánica, debido a la predación que sufren los organismos descomponedores (bacterias, hongos, actinomicetes) por parte de la microfauna (protozoos, nematodos) y mesofauna (microartrópodos).

4. Principales opciones adaptativas

En relación con las posibilidades de aumentar la fijación de carbono, las medidas consideradas por el IPCC incluyen: gestión de los cultivos para producir mayores entradas de C al suelo, gestión del riego, agricultura de conservación, prácticas de control de la erosión, gestión de los arrozales, gestión del pastoreo, mejora de la productividad de pastos, gestión del fuego en pastos, regeneración de bosques, fertilización de bosques, gestión del fuego en bosques, gestión de plagas, regulación de la explotación forestal, restauración de antiguos humedales y restauración de suelos muy degradados.



11. El Cambio Climático en Galicia. Sector vinícola

1. Introducción

El viñedo, en Galicia, configura el paisaje y está perfectamente integrado en el medio natural (el emparrado, la viticultura de montaña en terrazas, etc.) y tiene una importancia capital en el mantenimiento del medio ambiente, en especial, en la protección de suelos frente a los procesos erosivos, suelos que generalmente son pobres y que, de no ser por el viñedo, estarían abandonados al no ser susceptibles de cultivos alternativos.

El cultivo de la viña y la elaboración del vino están íntimamente ligados al mundo rural. En muchos territorios del interior de Galicia, dada su orografía, la distribución de la tierra y la dispersión de la población, el viñedo de calidad es la única herramienta disponible para generar riqueza y, consecuentemente, desenvolver el medio rural y fijar la población.

Según las últimas predicciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, se espera que continúe el incremento de la temperatura global del planeta, que llegará a ser de entre 2 y 4.5oC en el siglo XXI. Teniendo en cuenta que la uva es especialmente sensible al calor y que necesita un rango de temperaturas muy estrecho para producir vinos de calidad, se entiende la preocupación del sector a este respecto. Así, viñedos en zonas con climas ya cálidos se ven perjudicados por estos incrementos adicionales de temperatura. Un ejemplo lo tenemos en los viñedos de La Mancha, del Central Valley en California o del sur de Francia. Muchos de estos vinos se han visto perjudicados por los aumentos de temperatura, habiendo mostrado ya desequilibrios entre alcohol y acidez. Otro problema asociado al cambio climático es la sequía. Así, alguna empresa ha visto reducida su cosecha en el pasado año, lo cual le ha llevado a emplear sistemas de irrigación que antes no eran necesarios, incrementando los costes de producción. Según diversos estudios, a pesar de que todas las regiones productoras de vino se ven ya afectadas por estos cambios de temperatura, no en todas ellas el efecto es negativo. Así, en zonas de climas templados como las regiones de las variedades Rhine y Mosel (Alemania), o Bordeaux y Champagne (Francia) los viñedos se han visto ya mejorados con el aumento de temperatura. Otra región con potencial mejora desde el punto de vista vinícola es Galicia, que ha sido propuesta como una de las comunidades autónomas españolas que más se beneficiará de este cambio, con aumentos notables en la calidad del vino.

Ante esta situación, se han propuesto diferentes opciones, tales como invertir en investigación dirigida a sistemas de riego más eficientes, o al cultivo de variedades mas resistentes al calor. La alternativa de cambiar a variedades adaptadas a climas mas cálidos ya está siendo tenida en cuenta, y un ejemplo lo tenemos de nuevo en Galicia, donde variedades como Cabernet Sauvignon, Chardonnay, o las empleadas en las denominaciones de origen Rioja y Ribera del Duero podrían ser introducidas en distintos lugares de la comunidad.

El sector vitícola en Galicia sería unos de los pocos beneficiados de este panorama. Al adelantarse la vendimia, disminuye notablemente el riesgo de daño producido por las últimas lluvias de septiembre; además, el riesgo de heladas también se reduce, con lo



que las condiciones para la vid mejoran considerablemente. Así, índices climáticos como el de Winkler, indican que en el futuro se ampliará considerablemente la superficie cultivable para viñedos en Galicia, y que en el caso del Ribeiro podría llegar incluso a duplicarse. De esta forma, regiones como O Carballiño, antes fuera de las zonas de cultivo de vid, entrarían a formar parte de las zonas aptas para su cultivo en los próximos años.

Las nuevas condiciones climáticas también propiciarán el cultivo de tintos de calidad en Galicia; por ejemplo, zonas como O Barco, con suelos calizos y donde el clima será especialmente seco, podrán albergar variedades como las utilizadas en las denominaciones de origen Rioja y Ribera del Duero, nunca antes cultivadas en Galicia. Habrá zonas de viñedo que estén en peligro y otras zonas emergentes en el cultivo vitícola. La proporción tintos/blancos aumentará.

2. Evidencias e impactos

Para analizar los impactos y las evidencias del Cambio Climático en el sector vinícola, en Galicia fueron calculados los índices de Winkler* y de Huglin* para los treinta o cuarenta últimos años para los observatorios meteorológicos representativos de las principales regiones vitivinícolas. En el caso del Ribeiro, para lo cual existen ya 22 años de valoraciones de las vendimias por el correspondiente Consejo Regulador, así como por la Dirección General de Sistemas de Calidad Agroalimentaria del Ministerio de Agricultura, se pudo establecer una relación bastante bien definida entre el valor de estos dos índices y la calidad de la vendimia (tabla 1). La relación, para que pudiera ofrecer una mejor garantía, debería estar hecha con un número bastante más elevado de años, pero de todas maneras, se puede apreciar para cualquiera de estos dos índices que existe una tendencia constante a que mejore la calificación cuanto mayor es el valor de los índices.

Cualificación	Índice de Winkler	Índice de Huglin	Número de años
EXCELENTE	1.771	2.505	2
MUY BUENA	1.660	2.407	10
BUENA	1.640	2.373	7
REGULAR	1.508	2.217	2
DEFICIENTE	1.435	2.152	1

Tabla 1. Relación entre la calificación de las vendimias en el Ribeiro y el valor de los índices de Winkler y Huglin.

Analizando la variación de los dos índices en el período 1973-2005 para el observatorio de Ourense (representativo de la región del Ribeiro) y en el 1962-1998 para Lourizán (representativo de la región de las Rías Baixas), se puede apreciar en las figuras 1 y 2 cómo en los dos casos existe un aumento continuo, con una pendiente significativa ($P < 0,01$). La interpretación vitivinícola de estos dos índices con una deriva indiscutible hacia valores más altos se debe traducir como el esparcimiento, tanto espacial como temporal, de unas condiciones cada vez más apropiadas para variedades de vid más térmicas.

Los mapas de las figuras 8 y 9 en que se representan los valores actuales de los índices de Winkler y Huglin, además de definir la correspondencia de estos índices para las diferentes regiones vitivinícolas gallegas, ofrecen un punto de partida fundamental a partir del cual se podrá delimitar la evolución espacial, en los nuevos horizontes del cambio climático, de las condiciones para el desarrollo de la vid en Galicia.

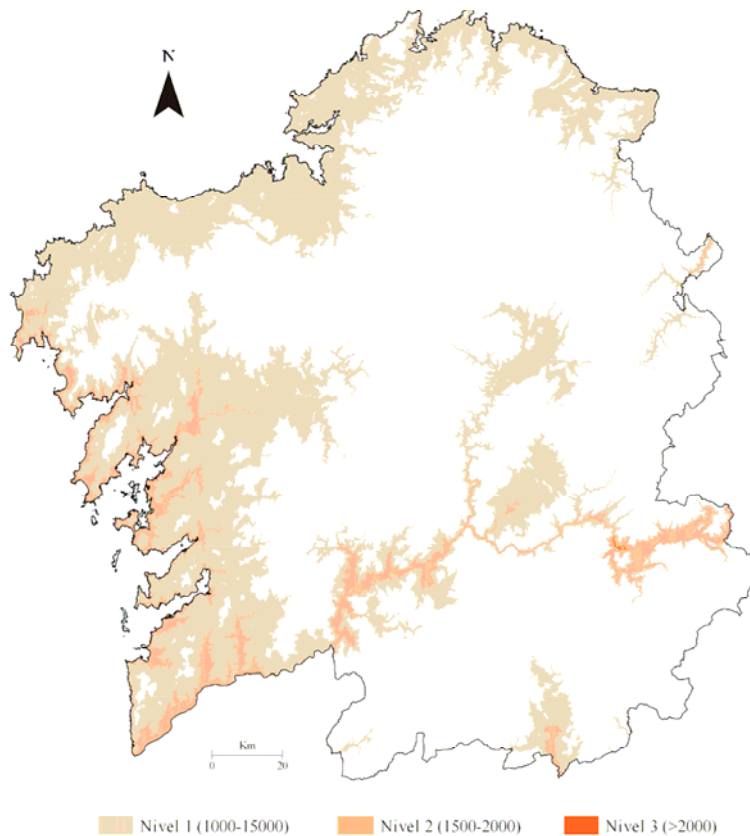


Figura 8. Valores del índice de Winkler para Galicia

*Tradicionalmente existen dos índices, el de Winkler (1962) y el de Huglin (1981), que son utilizados con frecuencia para definir las zonas vitivinícolas en función tanto de su producción como de su calidad. El primero es muy empleado en los países anglosajones, mientras que el segundo es de tradición más europea. Se fundan en el cálculo de la integral térmica superior a los 10 °C. En general existe bibliografía suficiente en la que se establece la correspondencia entre determinados valores de estos índices y la idoneidad de las diferentes variedades de la vid. Para Galicia, Hernández Mañas (2006) estableció recientemente la relación de estos dos índices con las diferentes regiones vitivinícolas del país.

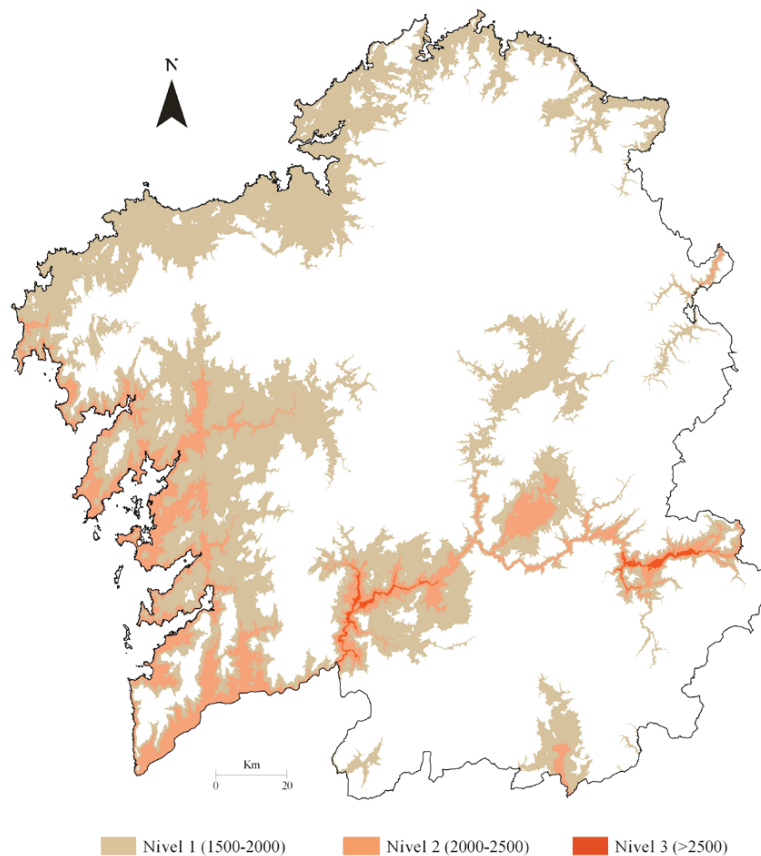


Figura 9. Valores del índice de Huglin para Galicia.

El régimen de heladas es el otro factor térmico que tiene importancia en el desarrollo de la vid, sobre todo a partir de la fecha de la eclosión de los racimos, que, si acontece bajo el riesgo de heladas, puede dar origen a situaciones de peligro cuando este estado fenológico de la vid tiene que soportar temperaturas por debajo de los 0 °C. La fecha de la última helada más probable (como por ejemplo, de una cada diez años) define el final



de la situación de riesgo para la vid, de tal manera que en Galicia nunca se cultivó la vid en aquellas zonas en que la última helada aconteció como término medio después de la segunda decena de abril (Díaz-Fierros, 1994). Las heladas pueden ser irradiativas, cuando en el invierno y los primeros meses de la primavera se dan una serie de días despejados en los que por las noches, por pérdida de calor acumulado, van descendiendo progresivamente las temperaturas hasta bajar de los 0 °C. No son las más importantes en Galicia, sobre todo en las zonas vitivinícolas. En ellas tienen mucho más incidencia las heladas convectivas, que se localizan, sobre todo, en los fondos de los valles, en los cuales, por drenaje del aire frío de las partes altas hacia abajo, dan origen a un enfriamiento muy intenso de estos. Este proceso crea una situación de inversión térmica como consecuencia de la cual las laderas de los valles son mucho más calientes que los fondos, en los que se inunda el aire frío. En muchas zonas en que se hace la cosecha de las vides llamadas de montaña, esta faja de las laderas, conocida también como faja térmica es la única zona, o cuando menos la de elección, para las vides de más calidad. Como un buen ejemplo de este fenómeno tendríamos la marca de un conocido blanco portugués que se define como de media encosta.

En la evolución del régimen de heladas en Galicia en los últimos decenios, se observa que existe un descenso del período con riesgo de heladas en los últimos treinta años que oscila desde los 52 días de la Lavacolla a los 11 de Lugo y que va a depender sobre todo del adelanto de la última helada. Si esta deriva de la última helada se estudia en el observatorio de Ourense y se pone en relación con las fechas de las brotadas de las variedades cultivadas en el Ribeiro (Hernández Mañas, 2006), se puede apreciar como la fecha de la última helada estimada para el año 1958 se produciría después de las salidas de los brotes de la mayoría de las variedades (solo a treixadura y lado quedarían fuera del período de heladas). Es decir, que la mayoría de las castas del ribeiro quedarían en esas fechas bajo el peligro de las heladas tardías. Por lo contrario, en el año 2007, por el adelanto que experimentaría la última helada (de 26 días), toda las castas del ribeiro, sin exclusiones, quedarían ya fuera de los peligros de las heladas.

En relación a las lluvias que se producen en el mes de septiembre representan un peligro muy particular para la calidad de la uva en el momento de la vendimia, especialmente en las regiones vitivinícolas de influencia más atlántica, como acontece con las denominaciones correspondientes a las Rías Baixas. Lluvias fuertes en estas fechas pueden incidir muy negativamente en la valoración de la vendimia. El evidente adelanto que se pudo apreciar por los datos fenológicos en la época de la vendimia (entre 15 y 19 días nos últimos treinta años) puede suponer otro factor interesante de cara a valorar todos los aspectos positivos que el cambio climático le puede reportar a las vides, ya que estadísticamente se consigue alejar la vendimia del peligro de las lluvias equinociales intensas. Analizando los datos de precipitación diaria de septiembre y octubre del observatorio de Salcedo de la Misión Biológica de Galicia, en Pontevedra, en el período 1958-2006, se pudo obtener una distribución de frecuencias de la fecha de aparición de la primera lluvia equinoccial de una cierta intensidad (superior a los 20 mm). Se puede deducir que las primeras lluvias equinociales (> 20 mm) acontecen mayoritariamente (en 23 de los 49 años) entre el 10 y el 15 de septiembre, mostrando a continuación una distribución asimétrica que en los casos más extremos presenta la primera lluvia

equinoccial intensa en la segunda quincena de octubre. Se puede observar cómo en el año 1958, con vendimias en la primera decena de octubre, el riesgo de aparición de lluvias equinociales antes de la vendimia es muy elevado (en el 92% de los años), mientras que con los datos del año 2006, con la vendimia en el día 10 de septiembre, el riesgo disminuye sensiblemente (en el 30% de los años).

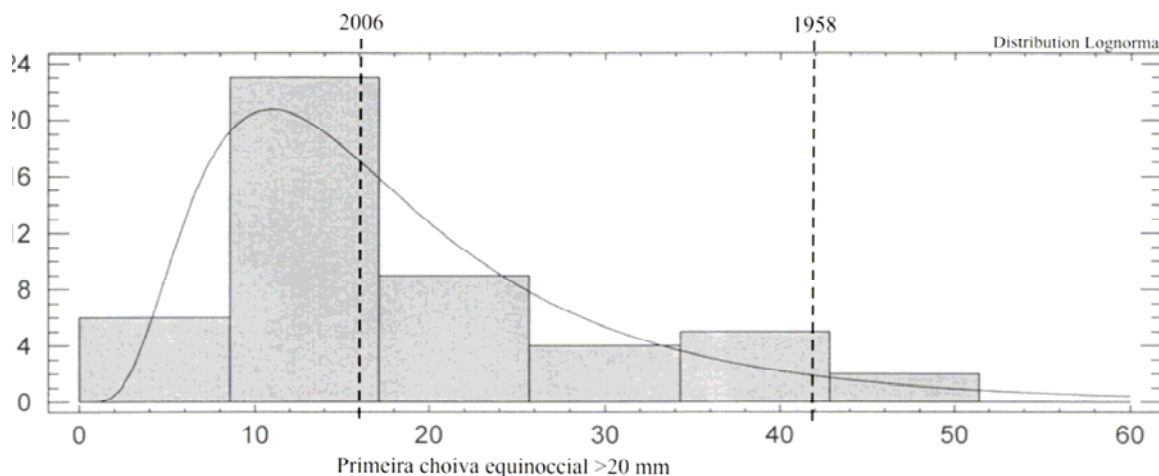


Figura 6. Distribución de frecuencias de las fechas correspondientes a la primera lluvia equinoccial (> 20 mm) de los datos diarios de precipitación de los meses de septiembre y octubre para el período 1958-2006 del observatorio de Salcedo (Pontevedra). Se indican las fechas de las vendimias de los años 1958 y 2006.

Otro dato que también puede ser considerado cómo favorable, en este mismo sentido de la incidencia de las lluvias equinociales sobre las vendimias, puede ser lo de la tendencia de las lluvias de septiembre a ir disminuyendo en los últimos años, tal como se puede apreciar en la figura, correspondiente a los datos de Salcedo del período 1958-2006, igualmente representativo del clima de las variedades correspondientes a la región vitivinícola de las Rías Baixas. De todas maneras, la tendencia a la merma es de baja significación estadística, por lo que sólo se podría considerar como una posibilidad remota pendiente de mejor confirmación.

De los análisis que se acaban de realizar se puede deducir que los efectos del cambio climático sobre las vides deben ser en general positivos, como consecuencia del incremento del territorio disponible para el cultivo de la vid y del mayor número de variedades que pueden ser consideradas al ampliarse la margen térmica de la viabilidad vegetativa y de maduración de la planta. Incluso se podría aguardar en las áreas más térmicas, como puede ser el caso del Sil oriental, la posibilidad de realizar sin problemas el establecimiento de variedades tintas de calidad si los limitantes edáficos pueden ser superados.

De todas formas, tampoco podría ser descartada la posibilidad, como ya señaló Jones (2005), de que las variedades idóneas a los climas más frescos, como puede acontecer con las castas del albariño, se acerquen con el cambio de clima a su máximo térmico e incluso lo puedan superar, con el consiguiente proceso de pérdida de calidades organolépticas del vino.

3. Posibles medidas adaptativas



Tradicionalmente se ha dicho que las zonas ideales para la producción vinícola están ubicadas entre los paralelos 30 y 50 en ambos hemisferios.

Este rango está cambiando y en regiones tradicionalmente frías y húmedas, como Inglaterra, ya se comienza a producir algunos vinos de calidad. Por el contrario, aquellas zonas calurosas lo tendrán muy difícil para poder seguir cultivando las mismas uvas.

Se tendrá que optar por variedades, clones o porta injertos más resistentes a las nuevas condiciones climáticas. Veremos la introducción de nuevos sistemas de conducción y riego. El adelanto de las cosechas conllevará el reestructurar las técnicas de vendimia, así como los tratamientos y correcciones que se lleven a cabo en bodega, con mayor uso de aparatos como los de ósmosis inversa, crioextracción y cámaras de refrigeración.

Además se obtendrán mostos y vinos diferentes, vinos menos equilibrados. Para conseguir aromas y polifenoles maduros se deberán fermentar mostos con elevada concentración de azúcar, obteniendo vinos excesivamente alcohólicos y de baja acidez. Este tipo de vinos resultan pesados y más vulnerables a fenómenos de oxidación. Si por la contra, se opta por procesar vendimias más tempranas obtendremos vinos más frescos y ligeros pero más verdes y de menor complejidad aromática.

Otra posible medida adaptativa sería, la deslocalización de las zonas de producción. Por cada 100 metros que subimos en altitud la temperatura disminuye 0,6°C, y por cada grado que subimos de latitud la temperatura baja 0,6°C. Algunas empresas del sector ya están comprando terrenos en zonas más elevadas.

En las regiones más cálidas, las uvas mostrarán condiciones de maduración excesiva pero con falta de complejidad aromática.

El grado alcohólico en los vinos de hoy en día es también una desventaja. Se debe esto solamente al efecto del calentamiento global, que produce uvas con mayor cantidad de azúcar. En parte sí es así, pero también se debe a los avances en viticultura y a una tendencia a llevar a cabo la vendimia basada en madurez fenólica y no sólo en cantidad de azúcar. Mientras que el alcohol puede añadir una sensación de mayor cuerpo y una percepción de dulzura, los niveles de alcohol pueden resultar problemáticos en regiones más cálidas dando como resultado el que los bodegueros tengan que recurrir a técnicas sofisticadas para disminuir el porcentaje de alcohol, como por ejemplo la ósmosis inversa.

Otros efectos del incremento de las temperaturas pueden incluir una menor acidez de los vinos, el que las vendimias se adelanten y se tengan que llevar a cabo en épocas del año mucho más calurosas, disminución del agua disponible, así como mayor riesgo de enfermedades.

4. Consecuencias del Cambio Climático sobre la uva y su calidad

Como consecuencia del cambio climático, se verán afectados diferentes patrones que influyen en el desarrollo de la uva y en la calidad, con la consiguiente afección al vino. Entre los cambios más importantes se destacan:



Fotosíntesis: un aumento de la temperatura y de la concentración de CO₂, en principio inducirían a un incremento de la fotosíntesis. Tanto la respiración como la fotorrespiración aumentan con la temperatura pero a partir de los 45 °C disminuye debido al inicio de la degradación de las proteínas y la pérdida de estabilidad de las membranas.

Crecimiento: las temperaturas mínimas en la época de crecimiento de la vid influyen, entre otros factores, en las fechas de la cosecha; se produce un adelanto y acortamiento de las fases de crecimiento vegetativo y una pérdida de pigmentos.

Suelo: la respiración del suelo aumenta con la concentración de CO₂ en la atmósfera. De aquí al final del siglo, el CO₂ del suelo puede incrementarse un 15%; sin embargo, si no hay agua no se produce la respiración del suelo.

Parásitos e infecciones: el aumento de temperatura supone un aumento de las polillas y los ácaros ya que éstos se multiplican más rápido cuanto mayor es la temperatura; también se prevé un aumento de mosquito verde y de las cochinillas.

Cubiertas vegetales: la cuestión está en conseguir que la cubierta vegetal permita dejar el suelo a partir del cuajado en las mismas condiciones hídricas que aquellos que han sido labrados, con lo que bien manejada, permitirá luchar contra la erosión, y aumentar los niveles de materia orgánica y de nitrógeno en caso de utilizar leguminosas. Las cubiertas vegetales en la viña son una técnica muy empleada desde antiguo en zonas de pluviometría elevada y especialmente en viñedo con pendiente, mientras que en zonas de baja pluviosidad, tiene un efecto negativo al competir en agua y nutrientes.

Uvas: menor rendimiento; menor crecimiento (uvas más pequeñas que concentran más azúcar y alcoholes); menor maduración (los vinos de calidad necesitan una maduración lenta); aumento del potasio y del pH; pérdida de aromas; desfase entre la madurez de la pulpa y la de la piel y semillas: la pulpa de la uva madura más rápido y alcanza altas concentraciones de azúcar, bajas concentraciones de ácidos y un pH alto. Esto dará vinos más duros.

Una temporada calurosa tiene una enorme repercusión en la maduración de la uva y en la posterior elaboración del vino. Si se cosecha antes de tiempo, cuando la pulpa llega a su momento ideal, se corre el riesgo de que la piel y las semillas no hayan alcanzado su complejidad y mermen la calidad del mosto. Por el contrario, si se espera hasta que los hollejos estén en su justo punto, la maduración prolongada de la uva genera más azúcar y los vinos resultantes ganan demasiado contenido alcohólico y pierden acidez, que es lo que está pasando en muchas regiones europeas.

12. El Cambio Climático en Galicia. Especies vegetales cultivadas

El efecto del aumento de las temperaturas que se viene experimentando en las últimas décadas sobre la vegetación puede ser analizado mediante el estudio de las series fenológicas históricas, ya que los eventos fenológicos que tienen lugar en primavera o en invierno son especialmente sensibles a esos cambios de temperatura. Pero no sólo las fases fenológicas de las plantas son las que se ven alteradas por los cambios en las temperaturas, sino que también las aves y los insectos ven alterados sus ciclos anuales de



llegada y migración, pues su principal condicionante son los factores ambientales, por lo que las tendencias de los datos fenológicos registrados durante años ofrecen información sobre los cambios de temperatura acontecidos con una resolución espacial bastante elevada.

El registro de las fechas en que acontecen las fenofases es una tradición en numerosos países europeos, por lo que existen extensas series de datos recogidas durante décadas. En España, el Instituto Nacional de Meteorología (INM) mantuvo un registro fenológico de gran número de especies de plantas y algunas especies de insectos y aves migratorias desde mediados de la década de los cuarenta, aunque en la actualidad muchos de estos registros se vieron interrumpidos por la pérdida de muchos observadores.

En Galicia, se guardan registros fenológicos de un total de cinco estaciones distribuidas por el territorio de la comunidad autónoma y cuyos datos, en las estaciones más completas, datan del año 1942 y llegan incluso el año 2001 en su mayoría.

Debido principalmente a la importancia y a su amplia distribución por el territorio gallego, el maíz y la patata fueron las especies cultivadas seleccionadas para el análisis de su evolución conjunta en por lo menos cuatro estaciones fenológicas, ya que se dispone de los datos suficientes para efectuar su procesamiento. En primer lugar, se realizó un análisis de la época de siembra de estas dos especies y cuya variación a lo largo de los años puede ser un buen indicativo de las variaciones climáticas en la zona. En ninguna de las estaciones se aguardó más allá del día 30 de mayo para plantar el maíz, mientras que las siembras más tempranas fueron en los primeros días de abril. La patata presentó una tendencia similar, en la que como máximo se aguardó hasta el 11 de mayo para realizar la plantación, mientras que los años en que más temprano se realizó fue en los primeros días de abril.

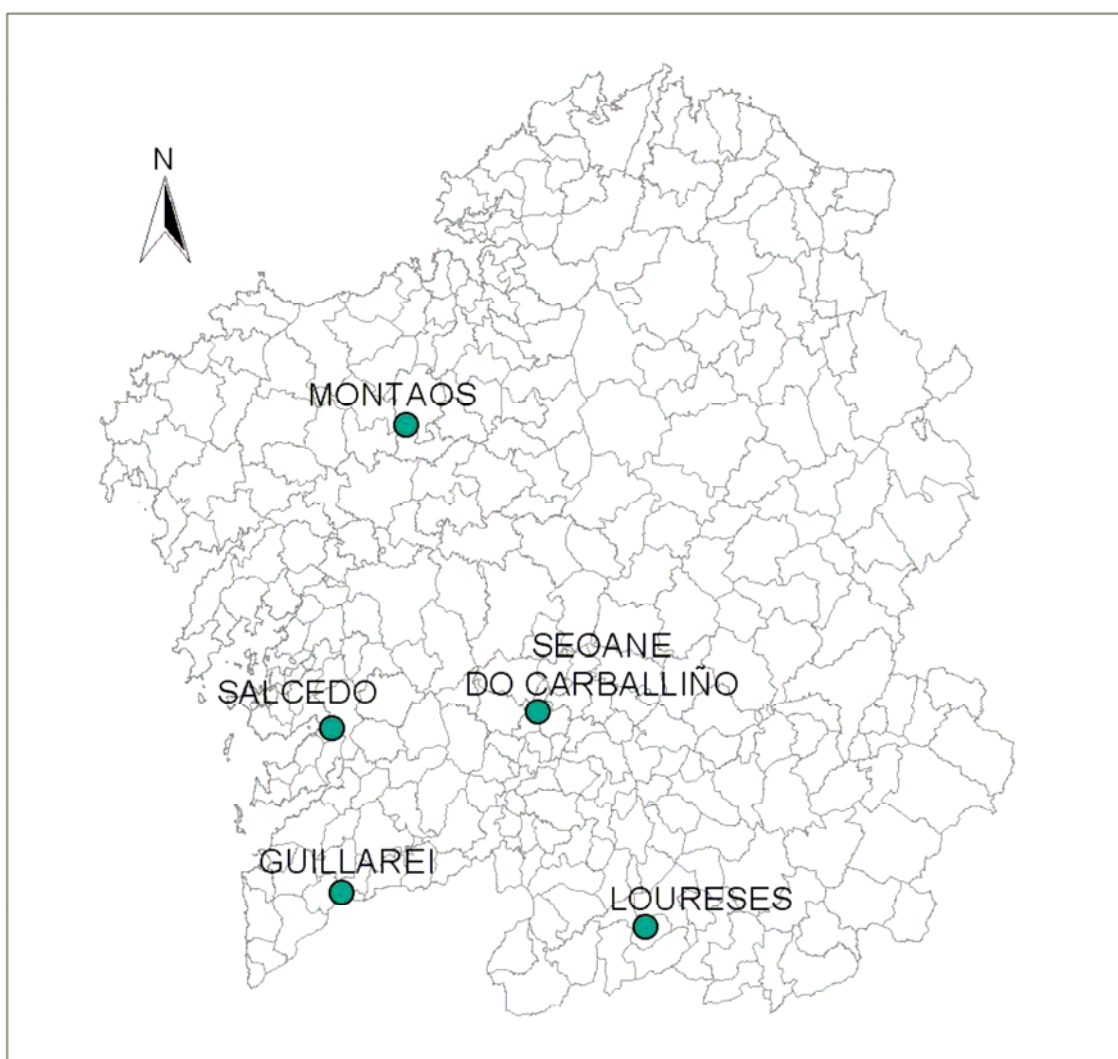


Figura 7. Localización de las estaciones fenológicas en Galicia.

En el caso del maíz, no se pueden considerar significativas las variaciones observadas en las estaciones de Loureses, Montaos y Salcedo, mientras que la estación de Paramos de Guillarei presenta cierta significación para la fenofase de siembra, existiendo un retraso de ocho días en 30 años.

La siguiente fenofase analizada es la de floración. Se consideran significativas las variaciones de la pendiente de la floración del maíz en las estaciones de Paramos de Guillarei y Salcedo, observándose en las dos un adelanto de la época de floración mucho más marcado en Guillarei, con 30 días en 30 años, mientras que para la estación de Salcedo ese adelanto es de ocho días en 30 años.

Las tendencias de la fenofase de maduración resultaron estadísticamente significativas para todas las estaciones fenológicas excepto para la de Salcedo. Esta fenofase presenta una tendencia similar para las estaciones de Loureses y Montaos, en las cuales tiene



lugar un adelantamiento de 26 y 23 días en 30 años respectivamente, mientras que para la estación de Salcedo no existe una variación apreciable y en la de Guillarei la tendencia es a ir retrasándose (12 días en 30 años).

En el caso de la patata, nos encontramos las tendencias se ven mucho más marcadas, siendo todas ellas significativas,. En tres de estas estaciones existe un retraso en las siembras superior a los 10 días en los 30 años analizados, y la estación que muestra una tendencia más clara con respecto a ese atraso en las siembras es la de Páramos de Guillarei, en la que se llegan a dar 20 días de retraso en 30 años. Por el contrario, en la estación de Montaos, la tendencia es la contraria, existiendo un adelanto considerable en las fechas de la siembra (17días en 30 años).

La tendencia de las siembras de las patatas resulto estadísticamente significativa para las cuatro estaciones, presentando un retraso para tres de ellas, y siendo el retraso por termino medio de 16 días en 30 años, mientras que en el caso de Montaos la tendencia es justamente la contraria, dándose un adelanto de 17 días en 30 años. En la floración de las series de Loureses y Salcedo no se encontraron variaciones significativas, no obstante, en Montaos y en Guillarei aparecen adelantos de las floraciones mucho más acentuados en Montaos, con 43 días en 30 años, mientras que en Guillarei es de 9 días. De la maduración de las patatas tenemos datos tan sólo para tres de las estaciones, y resultan significativas estadísticamente las variaciones que presenta la maduración en la estación de Loureses, en la que se vio un adelanto de 5 días en 30 años.

Una de las especies de importancia en Galicia, dada la amplia superficie dedicada á su producción, es la vid (*Vitis vinífera*). El número de estaciones fenológicas en las que se dispone de datos sobre la vid, es reducido, ya que son aquellas que están en zona vinícola (Salcedo e Guillarei) concretamente las dos dentro de la Denominación de Origen Rías Baixas. Se estudiaron un total de ocho fenofases de esta especie, existiendo variaciones estadísticamente significativas en todas las series a excepción de las pertenecientes a la fenofase de caída de las hojas.

Analizando el tiempo empleado por las distintas especies vegetales para realizar sus ciclos de desarrollo con el objetivo de comprobar si existe un aumento o una merma del período de tiempo que pasa entre la siembra y la maduración y entre la floración y la maduración para las especies cultivadas. Los resultados mostraron una disminución del tiempo transcurrido entre ambas fenofases para los ciclos en tres estaciones (Loureses, Montaos y Salcedo), mientras que en la de Guillarei los ciclos se ven prolongados en el tiempo.

En el caso de las frutales, se analizó el tiempo transcurrido entre la floración y la maduración, y para las especies silvestres, el tiempo que pasa entre la salida de las hojas y su caída. En esta ocasión los resultados señalan un aumento del período entre la floración y la maduración, salvo en el caso del manzano en la estación de Guillarei y del peral en Salcedo y Loureses. Las especies silvestres muestran un comportamiento similar en todas las estaciones, aumentando el tiempo entre la salida de las hojas y su caída, o entre la floración y la caída de las hojas.



Como conclusión final, numerosos estudios fenológicos (Menzel, 2000; Bradley, 1999) muestran adelantos en las fenofases primaverales (floración, salida de las hojas) y retrasos en los eventos del otoño. La duración, en latitudes medias y altas, de los eventos primaverales tales como la salida de los yemas, las hojas o la floración está principalmente regulada por la temperatura, y numerosos estudios encontraron correlaciones entre esas fenofases primaverales y la temperatura del aire (Menzel y Fabian, 1999; Wielgolaski, 1999; Abu- Asab et al., 2001; Chmielewski y Rözer, 2002; Chmielewski et al., 2004). Menzel et al., (2001) analizaron el comportamiento fenológico en las distintas estaciones en Alemania durante más de cuatro décadas (1951-1996), encontrando claros adelantos en la fenofases primaverales (0,18-0,23 días/año). Estos cambios fueron menos importantes para las fenofases que tienen lugar durante el otoño, que presentaron retrasos por término medio del orden de 0,03-0,10 días/año. Fitter y Fitter (2002) observaron mayores cambios en las fechas de floración en Gran Bretaña desde 1980, siendo el término medio de adelanto para un total de 385 especies de 4,5 días, y un 16% de estas mostraron adelantos de incluso 15 días. Sparks et al., (2005) en un estudio realizado en el Reino Unido con datos fenológicos del período 1980-2000, observaron de 25 a 29 eventos con claros adelantos, siendo el promedio de todos ellos de 5,5 días/año.

Del total de 204 series analizadas de especies vegetales, presentaron variaciones significativas un 45,6% de ellas. Realizando una división entre aquellas fenofases que experimentan adelantos o retrasos, vemos que el número de series que se adelantan de forma significativa representa el 77,4% del total, centrándose estos en las fenofases que tienen lugar en primavera, mientras que las restantes presentan retrasos y corresponden a las fenofases que tienen lugar en otoño. Como se pudo comprobar, con los datos existentes en Galicia, este comportamiento se muestra en varias de las especies analizadas, siendo más o menos marcado en las diferentes estaciones fenológicas. Por lo general, se observan tendencias muy similares en las estaciones de Salcedo y Guillarei, ambas localizadas en el sector suroccidental de la comunidad gallega y con unas características climáticas muy similares, mientras que las principales diferencias se muestran en la estación de Montaos, situada más al norte y la de Loureses, mucho más al sur, poniendo así de manifiesto las diferencias entre el clima de las zonas a las que pertenecen.

Como anteriormente se ha comentado, está ampliamente documentada (Sarvas, 1972;1974) la influencia de la temperatura en los eventos fenológicos de la primavera y el otoño, por lo que analizando los resultados obtenidos para las fenofases de estas estaciones del año y su tendencia nos últimos años tendremos una idea de como fue la tendencia de las temperaturas durante los mismos períodos. De este modo, vemos como en las estaciones más occidentales (Salcedo y Guillarei) las pendientes de las tendencias suelen ser mucho más suavizadas, indicando así que los cambios observados fueron mucho más paulatinos que los observados en la estación ubicada más al norte (Montaos) y la que se encuentra más el sur (Loureses), en la que las tendencias que presentan variaciones significativas tienen unas pendientes mucho más marcadas.



13. El Cambio Climático en Galicia. La horticultura gallega

El incremento de la temperatura del aire, de la concentración de CO₂ en la atmósfera, así como los cambios en las precipitaciones estacionales afectarán a la agricultura gallega, aunque los efectos no serán uniformes en todas las zonas. Esto es, mientras que en algunas zonas los efectos para algunos cultivos pueden ser negativos, en otras pueden ser incluso positivos. El efecto negativo de las altas temperaturas o menores precipitaciones puede verse compensado por las mayores tasas fotosintéticas debido al incremento de CO₂. Por otro lado, las temperaturas más suaves en invierno permitirán mayores productividades en esta época, compensando las pérdidas de otras estaciones.

Al analizar el impacto global del cambio climático sobre la producción vegetal, en términos del aumento esperable de la temperatura y del enriquecimiento de CO₂ en la atmósfera, básicamente se constata que cabe esperar los siguientes efectos.

Régimen de heladas y necesidades de frío de las especies cultivadas. El aumento de temperatura traerá como consecuencia una disminución de las heladas de radiación y el consiguiente adelanto de la floración de las especies; que, contrariamente, cabe esperar efectos más perjudiciales sobre los cultivos por las olas de frío y la disminución de horas de frío tendrá un efecto igualmente perjudicial sobre la evolución de las plantaciones de frutales, por ejemplo.

Demanda de agua. En cuanto al efecto sobre las necesidades de agua para los cultivos, se constata que, a salvo de estudios más detallados, las comparaciones entre localidades gallegas donde las diferencias térmicas son hoy del rango anunciado (incremento de 2 °C de media anual) y con condiciones similares de acción de los restantes factores climáticos (radiación solar, viento, humedad relativa atmosférica, etc.), dichas necesidades, calculadas en términos de ETP (evapotranspiración potencial), se diferencian en cuantías que varían entre un 7 y 8%, lo que permitiría deducir que éste sería el rango global de aumento de las necesidades de agua.

Mineralización de la materia orgánica del suelo y liberación de nutrientes. El ascenso térmico tendrá efectos perjudiciales sobre la conservación de la materia orgánica del suelo, provocando una mayor pérdida de la misma, entre 50 y 400 kg de humus/ha.año, con los consiguientes efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En otro sentido, hay que prever un aumento en la disponibilidad de nutrientes, como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica del suelo. Todo ello dará lugar a una pérdida de elementos minerales en el suelo que habrá que restituir con abonos orgánicos o compost.

Incidencia de enfermedades y plagas. Por lo que se refiere a los efectos del cambio climático sobre las plagas y enfermedades, y partiendo del hecho de que, según estimaciones científicas recientes, las enfermedades reducen del orden del 12 al 13 % el rendimiento anual alcanzable de los cultivos de mayor importancia para la alimentación y la industria, se constata que las modificaciones ambientales que el cambio climático



trae consigo alterarán los ciclos vitales de los patógenos y de la patogénesis en las enfermedades, así como la fisiología de las interacciones entre la planta y el patógeno, cuyas consecuencias más probables serían:

- cambios en la distribución geográfica de los patógenos.
- cambios en la incidencia y severidad de las enfermedades que repercutirán sobre las pérdidas de rendimiento que originan
- modificaciones en la eficiencia de las estrategias empleadas para el control de las enfermedades.

En efecto, el incremento de la temperatura invernal promoverá la supervivencia de hongos, bacterias y nemátodos fitopatógenos e insectos vectores de virus y contribuirá a expandir su distribución geográfica y a acentuar la incidencia y severidad de las virosis. De otra parte, el aumento de la biomasa vegetal y de su contenido en carbono, favorecidos por niveles elevados de CO₂, incrementará la extensión y duración de períodos de humectación a favor de infecciones foliares por hongos y bacterias fitopatógenos; y la reducción de la relación C/N en los restos de tejidos infectados reducirá su descomposición microbiana, prolongando la supervivencia de los agentes fitopatógenos que son incorporados al suelo en dicho restos, con la consiguiente aparición de epidemias más tempranas y severas de enfermedades causadas por hongos y bacterias.

Pérdida de materia orgánica como consecuencia del aumento de temperatura. Diversos estudios demuestran que asociado al aumento de temperatura está la pérdida de materia orgánica en los suelos. En Galicia, los suelos agroforestales poseen desde un 3-20% en materia orgánica, considerándose 2% un suelo muy pobre en materia orgánica. Se estima que, en promedio, por cada aumento de temperatura de 1°C la pérdida de carbono orgánico en el suelo puede ser del 6-7 %.

Simulando el mantenimiento de las condiciones actuales en el futuro, vemos que después de un período inicial de una caída fuerte en materia orgánica, aparece después un largo tramo de descenso exponencial que, al final de los 100 años de la simulación, supone unas pérdidas de entre el 64 y el 67% de la materia orgánica del suelo. Se puede considerar que el nivel del 4% en materia orgánica representa el umbral por debajo del cual comienza ya un proceso de degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Pero esta degradación del suelo, como consecuencia de las pérdidas en materia orgánica, podría corregirse con la adición de materia orgánica.

En conclusión, se puede considerar como una medida de mitigación la adición de enmiendas orgánicas en forma de abono o de compost. Para la mayoría de los suelos de cultivo gallegos, con valores de materia orgánica comprendidos entre el 5 - 10%, estas adiciones deberían situarse entre las 10 y las 20 t/ha de abono o material orgánico equivalente.

Cambios en la fenología de las plantas. Numerosos estudios muestran adelantos de las fases primaverales (floración, salida de las hojas...) y retrasos en los eventos de otoño,



pues la duración de los eventos primaverales como la salida de los brotes, las hojas o la floración, está principalmente regulada por la temperatura del aire.

En el período 1970-2000 se ha constatado un adelanto de la caída de las hojas, de la floración y de la maduración en las fenofases vegetales que varía desde los 58 días en la salida de las hojas del saúco y los 83 días en la floración de la vid.

En relación al maíz: en algunas zonas de Galicia se constata un retraso en la siembra de 8 días, mientras se que en la floración se observa en muchas zonas un adelanto. En cuanto a la maduración, se produce un adelanto de 26 y 23 días en las zonas estudiadas en los últimos 30 años.

En cuanto a la patata: se retrasa la siembra una media de 10 días, e incluso de 20 días, en algunas zonas de Galicia. Por otra parte se muestra un adelanto de la floración de 43 días en 30 años.

Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

Los sistemas sostenibles de uso y manejo del suelo ofrecen un extraordinario potencial para el secuestro del carbono en las tierras agrícolas a través de la reducción de las pérdidas de carbono orgánico del suelo e incremento de la producción de biomasa. Se estima que los suelos cultivados contienen por término medio entre un 20 y un 40% menos materia orgánica que los suelos no cultivados. La pérdida de materia orgánica, emitiendo el carbono a la atmósfera, en los suelos cultivados puede recuperarse mediante la aplicación de prácticas adecuadas de uso y manejo de los suelos agrícolas. Pero además del secuestro de carbono por los suelos existen medidas muy eficaces para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y para un desplazamiento de las mismas.

El correcto manejo de los fertilizantes es una de las principales medidas a considerar. Un uso más eficiente de los fertilizantes nitrogenados, por ejemplo, puede reducir significativamente las emisiones de N₂O. Algunas de estas medidas incluyen:

1. el ajuste de las cantidades de aplicación basado en un cálculo más preciso de las necesidades del cultivo a tratar
2. el empleo de fertilizantes de liberación mas lenta del elemento en cuestión, como los fertilizantes orgánicos en lugar de los químicos
3. la aplicación del fertilizante cuando es menos susceptible a ser lavado, idealmente justo antes de su toma por la planta
4. una aplicación más precisa del fertilizante en el suelo, de modo que se hace más accesible para las raíces de la planta
5. evitar las aplicaciones de nitrógeno más allá de las necesidades inmediatas de la planta.

Disminución de las tareas de labranza, ya que éstas tienden a incrementar las pérdidas de carbono del suelo al oxidarse la materia orgánica. Avances en el control de las malas hierbas y nueva maquinaria agrícola permite ya el crecimiento de cultivos en todo el mundo con mínimas tareas de labranza.



Adopción de cultivos con menor necesidad de fertilizantes y pesticidas es otra forma de reducir las emisiones. Un ejemplo importante es el uso de rotaciones de cultivo con leguminosas (fijan el nitrógeno atmosférico y lo transforman en formas asimilables por la planta) que suponen además un complemento alimenticio en la dieta del ganado.

Agricultura ecológica se considera indudablemente una estrategia eficaz para reducir las emisiones. En primer lugar, el hecho de no emplear fertilizantes ni pesticidas químicos o de síntesis, supone un ahorro en combustibles fósiles. Al emplear fertilizantes orgánicos, en lugar de químicos, se consigue una reducción en la emisión de N_2O , ya que los fertilizantes nitrogenados orgánicos (como el purín) liberan el nitrógeno de forma más lenta, por lo que las pérdidas por lavado son menores. Además, se ha estimado que los cultivos ecológicos necesitan la mitad del nitrógeno que un cultivo convencional. Con respecto al carbono, los fertilizantes orgánicos empleados en este tipo de agricultura permiten un mayor secuestro de este elemento en el suelo, con lo que también así se reducen las emisiones de CO_2 .

Las prácticas de la agricultura de conservación, pueden eliminar al año 3.500 kilos de CO_2 por hectárea cultivada. Se ahorra gasóleo y se evita la contaminación del agua. Algunas prácticas son: siembra directa (en la que no se realizan labores y al menos el 30% de la superficie se encuentra protegida por restos vegetales), cultivos de cubierta (mediante la cual, la superficie del suelo entre las hileras de los árboles permanece protegida ante la erosión hídrica), mínimo laboreo, etc.

Aumento de los sumideros o secuestro de carbono en el suelo

Los suelos agrícolas pueden representar sumideros de carbono, cuando la cantidad de carbono que entra en el suelo es mayor que la cantidad de carbono que abandona el suelo mediante procesos de respiración, transferencias laterales, lixiviado y cosecha. Cualquier práctica que aumente la toma de carbono atmosférico por la planta y ralentice su liberación en forma de CO_2 atmosférico o por erosión del suelo, incrementará el sumidero de carbono en el suelo.

En general, el secuestro de carbono en el suelo será favorecido siempre que se empleen prácticas agrarias que aumenten la entrada de carbono en el suelo o disminuyan su descomposición, por tanto con prácticas:

- a) que minimicen la erosión de los suelos, por ejemplo reduciendo en lo posible la frecuencia e intensidad de las tareas de labranza y de los periodos de barbecho.
- b) que maximicen la cantidad de residuo agrícola que retorna al suelo, como mediante la extensión de la rotación de cultivos con cultivos perennes (que almacenan más carbono bajo el suelo) o mediante la aplicación controlada de estiércol.
- c) que maximicen la eficiencia del uso de agua y nutrientes por los cultivos. Por ejemplo, mediante el uso de variedades de cultivo mejoradas y de sistemas de riego más eficientes.
- d) Conversión de terrenos de cultivo a otro tipo de cobertura vegetal, por lo general una similar a la vegetación autóctona.



Desplazamiento de las emisiones

Los propios cultivos o sus residuos pueden ser usados como una fuente de combustible que sustituiría en parte a los combustibles fósiles. No hay que olvidar que estos biocombustibles también liberan CO₂ en su combustión, pero en su caso, el carbono que quemamos es de origen atmosférico reciente y no de origen fósil (aunque se emite carbono, este también se ha consumido antes durante el crecimiento de la planta, por lo que al final se emite menos); además, la biomasa constituye una fuente de energía renovable frente a las reservas de petróleo. Pueden emplearse los propios productos agrícolas cosechados (sorgo, trigo, caña de azúcar o diferentes especies arbóreas), o bien sus residuos, tales como el estiércol para el aprovechamiento energético y la producción de biogás de manera que, además de producir electricidad, se valore el residuo.

14. El Cambio Climático en Galicia. Sector forestal

1. Introducción

En muchos casos el cambio climático puntual produce fuertes secas, cambios drásticos en la humedad ambiental, bajadas repentinas de temperatura o incrementos anormales de estas, daños por la acción solar como fuerza conductora del clima y como elemento que actúa directamente en las plantas, produciendo daños fisiológicos que conocemos como fisiopatías.

En las especies arbóreas los efectos de estos fenómenos climáticos son, en general, menos aparentes por presentar una mayor resistencia; pero dados los largos períodos de aprovechamientos de estas masas arbóreas forestales, las sintomatologías que presentan marcan de manera más interesante la incidencia de estos.

Las plantas presentan comportamientos diferentes cuando sufren daños fisiológicos por las alteraciones en la precipitación, en las temperaturas e incluso en la radiación solar. La adaptación de las plantas arbóreas, e incluso en las arbustivas leñosas, a estas alteraciones causadas por nuevas condiciones climáticas requieren largos períodos de tiempo, como aconteció en la evolución paleoclimática. Cuando estas fuertes variaciones se producen en períodos cortos de tiempo, pueden causar en las poblaciones vegetales situaciones de estrés e incluso mortalidad intensa en partes de las mismas.

Cada especie arbórea presenta una mayor o menor sensibilidad a estos cambios, lo que lleva a especular con la posible variación florística que se sospecha que se pueda producir en Europa de darse estas nuevas condiciones climáticas que se pronostican para el hemisferio norte.

En los casos de cambios más perceptibles que acontecen en períodos cortos de tiempo, estas anomalías climáticas inciden de manera muy sutil en la planta y la predisponen a una mayor afectación delante del ataque de algunos agentes patógenos. En estas situaciones anómalas, los daños en los tejidos o en los sistemas fisiológicos de las plantas las pueden hacer más susceptibles, creando un camino de entrada fácil para los agentes patógenos que, en otras condiciones, representarían un papel de secundarios.



La temperatura y la humedad marcan de manera muy definida estos cambios. En el caso de fuertes incrementos de temperaturas en una estación, dependiendo de la humedad y de la incidencia solar, se pueden producir quemaduras foliares o de los tejidos del floema, además de los daños propios de la sequía causada por el exceso de evapotranspiración.

En el caso contrario de bajadas fuertes de temperatura, los efectos dependerán de la época en que se produzcan: las heladas tardías, de finales de la primavera, son muy dañinas y afectan a la producción de la planta, dejándola endeble y sensible a los ataques de agentes patógenos, mientras que las heladas tempranas, de comienzos del otoño, pueden dañar la planta, que mantiene tejidos suculentos aún cargados de humedad de la actividad vegetativa del verano y que reventarán por el incremento del volumen de estos líquidos al helarse, destruyendo el sistema traqueal y, con él, el floema.

Otro tanto podríamos decir de las precipitaciones, ya que la sequía afecta a los tejidos, produciendo la muerte de estos por la dependencia celular del riego del zumo.

De una manera semejante, el exceso de humedad en el suelo o en el ambiente inciden también de forma decisiva en la vitalidad de la planta y en su resistencia a agentes patógenos, formando edemas foliares o anoxias radicales.

El cambio climático, junto a la regresión del medio, puede aumentar la sensibilidad de muchas especies, dado que no podrán ocupar terrenos en los que estuvieron con anterioridad, debido a erosión u otros cambios. La fisiología de las especies forestales puede verse profundamente afectada y la reserva de agua en el suelo disminuirá. Esto supondrá un importante factor de estrés para el arbolado. En las zonas con déficit hídrico esto puede ocasionar cambios en la densidad del arbolado o de especies.

En un medio natural como el gallego, alejado de situaciones críticas, los cambios en la estructura y en la composición de los bosques se produciría por cambios en el grado de adecuación de las especies a las nuevas condiciones fitoclimáticas. Por ejemplo:

- Las especies con menor índice de idoneidad en las nuevas condiciones fitoclimáticas (como las hayas) se verán paulatinamente desplazadas por aquellas que presenten mayor idoneidad y por lo tanto una mayor capacidad competitiva por la ocupación de territorio (mayor capacidad de regeneración natural y de producción de biomasa).
- La mediterraneización del territorio gallego, entendiéndose por tal la presencia de situaciones de duración de la aridez superiores a 1,5 meses, pasaría de 1/6 parte del territorio a 1/3, siempre en la hipótesis de precipitación constante y aumento de 3°C en la temperatura media.
- Una consecuencia especialmente dramática será la desaparición casi completa de los fitoclimas de alta montaña en Galicia y de sus originales y escasas fisionomías y riquezas florísticas asociadas, como la desaparición de los hayedos.

Los efectos del cambio climático sobre la vegetación, a parte de repercutir sobre la cantidad y disponibilidad de agua en el suelo, así como en los grados/día disponibles para el crecimiento de las plantas, repercuten directamente también en aspectos fenológicos, como las épocas de foliación, floración y fructificación y en el retraso de la caída de la hoja en los caducifolios. Las plantas en Galicia están floreciendo por término



medio 10 días antes que hace 30 años. Paralelamente, los ciclos vitales de los insectos también se ven afectados por el aceleramiento larvario, lo que los pone en peligro delante de las heladas, suponiendo también variaciones que pueden suponer desventajas para animales que dependen de ellos para su alimentación.

La tendencia hacia el clima mediterráneo que los expertos en clima detectan en Galicia, va a posibilitar que las especies propias de este clima encuentren aquí las condiciones a las que están óptimamente adaptadas y que van perdiendo en sus áreas de distribución actuales donde aumentan los rigores estivales del clima. Por ello, de mantenerse la tendencia actual, la práctica totalidad de Galicia, excepto el norte de la provincia de Lugo, pasaría a tener los ecosistemas típicos de las regiones de actual clima mediterráneo, y los paisajes de la mayoría de Galicia se parecerán con el paso del tiempo a los que en la actualidad presenta la región del Duero en Portugal.

2. Sanidad forestal y Cambio Climático

Es difícil, en muchos casos, justificar esa relación directa entre la modificación de la actividad vegetativa de la planta y el cambio climático por la fuerte interferencia de otros factores de tipo edáfico, genético o silvícola que intervienen en esa respuesta.

Estas dificultades se acrecientan en el caso de querer justificar la actuación de los agentes fúngicos que acompañan las plantas, dado que su gran capacidad de reproducción le permite dar lugar a nuevas especies que son capaces de adaptarse más rápidamente a cualquier cambio de tipo ambiental o incluso pueden mutar para lograr esa rápida adaptación. Es bien conocido este fenómeno en el caso de cultivos agrícolas intensivos, hechos en el exterior o en invernadero, en los que se pueden crear cepas fúngicas resistentes a tratamientos químicos en un corto período de tiempo.

El estado de salud de los bosques resulta cada día más una cuestión prioritaria desde el punto de vista de la conservación y mejora del medio natural. Es bien conocido por los científicos y técnicos, que los bosques y ecosistemas forestales en fase juvenil, presentan un mayor vigor y facilidad para resistir los ataques de enfermedades y plagas, que los bosques en fases maduras. Por ello de cara al futuro, la gestión forestal deberá integrar factores como la resiliencia ante los incendios forestales, la optimización de los bosques como sumideros de CO₂, pero especialmente el desafío fitosanitario que suponen los desequilibrios medioambientales causados por el cambio climático.

En los diferentes grandes tipos de ecosistemas que se describen en el trayecto norte-sur en España, tienen una especial importancia las superficies forestales en las que destacan bosques, pastizales naturales y formaciones de matorral diversas. El papel de estos montes y bosques situados muchas veces en laderas y en las zonas sin vocación para el uso agrario representan, aparte de las utilidades económicas, importantes beneficios ecológicos entre los que destacan la protección frente a la erosión, el control y regulación del ciclo hidrológico, el efecto sumidero del carbono atmosférico, la contribución a la conservación de la biodiversidad y el uso recreativo.

La participación de las plagas de los insectos favorecidas por el cambio climático puede llegar a ser muy relevante en el proceso de deterioro de las áreas forestales y por lo tanto



en la evolución de los ecosistemas forestales y en los paisajes resultantes a los que dan lugar. Esto es así porque el las variaciones de los factores climáticos influyen de manera sinérgica en una mayor virulencia de los ataques de enfermedades y plagas. Por una parte el estrés climático disminuye el vigor y la defensa del arbolado, y por otra parte aparecen nuevas enfermedades y plagas hasta entonces ausentes, porque no eran capaces de desarrollarse hasta que se presentan las nuevas condiciones ambientales propiciadas por el cambio climático.

Algunos ejemplos de amenazas concretas que se agravarían en nuestros bosques con el cambio del clima, serían los siguientes:

1. Un caso muy conocido es el de la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) que incrementa el área susceptible de ser colonizada, al poder subir en altitud en los inviernos, cada vez más benignos, y colonizar de forma natural, apareciendo afectados pinares de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) hasta ahora libres de impacto.

2. Tinta del castaño, causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*, se desarrolla de 0 a 600 metros provocando un ennegrecimiento y posterior pudrición de las raíces absorbentes confiriendo una coloración negro-azulada a las zonas afectadas. La tinta del castaño viene propiciada por un clima cálido, con temperaturas entre 15-30 °C, por unas condiciones de temperatura y humedad en terreno elevadas y la retención de agua en el suelo favorece su aparición y aumenta su virulencia. Ataca sobre todo al castaño, *Castanea sativa*, y recientemente también lo hace por encima de los 600 metros, como en Ourense y Lugo, debido al cambio en las condiciones climáticas.

3. Problemática de la sequía de la encina (*Quercus ilex*) que se produce en el Mediterráneo occidental. La causa de esta anomalía se atribuye a múltiples razones, en las que se mezclan los cambios de tipo cultural que se están dando en estos bosques xerofíticos, conjuntamente con la presencia de nuevos agentes patógenos, y todo esto integrado con el posible incidente del cambio climático.

4. La eclosión de *Tortrix viridana*, defoliador asociado al género *Quercus*, suele coincidir con el desarrollo de las yemas primaverales en las especies hospedantes. La modificación del ciclo fenológico anual de la planta puede incidir en la presencia y abundancia de esta especie, así como en su concurrencia y competencia con otros defoliadores respecto a los que su ciclo biológico está ligeramente adelantado, como *Lymantria dispar* o *Catocala* spp.

5. Los pulgones eran insectos poco conocidos en medio forestal gallego, y los primeros focos fueron detectados en matas de *P. sylvestris* en áreas de Serra do Eixo (Ourense) en 1988; en la actualidad su presencia en Galicia se encuentra en múltiples especies arbóreas (*Pseudotsuga douglasii*, *Pinus. pinaster*, *Cupresus* sp., *Cedrus* sp., *Platanus* sp...), en las que diversos tipos de pulgones causan daños importantes.

6. Nemátodo del pino, *Bursaphelenchus xylophylus*, es el organismo más peligroso para los pinares a nivel mundial. Originario de EE.UU, está extendida en Portugal desde 1999, abarcando casi todo el país. En España el nemátodo se propaga a través de un insecto, *Monochamus galloprovincialis*, siendo su infección inmediata penetrando a través de heridas. La muerte del pino puede ser letal, en menos de 30 días, o sobrevivir



durante un período de 3 meses. El riesgo en Galicia es inminente pues cada vez nos acercamos más a las condiciones idóneas (temperatura media del aire de 20°C en períodos prolongados, condiciones de estrés y escasas precipitaciones) y la cercanía de Portugal hace que se tengan que tomar medidas especiales en las importaciones de madera procedentes del país vecino.

Estudios llevados a cabo desde 1977 hasta el año 2008 confirman que los cambios climáticos que afectan a la salud de los árboles forestales presentan fuertes variaciones en el tiempo, duración e intensidad. Cuando los cambios son de corta duración, entre 3 y 5 años, los efectos se presentan de forma puntual y abarcan áreas geográficas de características muy homogéneas, dando lugar a que las causas y los efectos sean fácilmente interrelacionables. Sin embargo, en el caso de cambios de mayor duración, las áreas afectadas, aún manteniendo unas características comunes, muestran una mayor heterogeneidad en sus caracteres ambientales, y la presencia y dinámica de los agentes patógenos presentan una mayor dificultad de justificación en relación con el cambio climático.

En los EEUU fueron presentados algunos ejemplos de este tipo de incidente climático siguiendo la evolución de una enfermedad, como en el caso del desecamiento de las guías del pino blanco del oeste (*Pinus monticola*). Este daño está relacionado con la bajada de las precipitaciones y el aumento de temperaturas en el período 1917-1940, dando lugar a que este pino fuera afectado en el 70% de su área natural.

En el seguimiento de la sanidad del castaño está bien definida el incidente del mal de la tinta, causado por *Phytophthora cinnamomi*, y los períodos de fuerte humedad que dieron lugar al mayor avance de esta enfermedad.

El debilitamiento de algunas especies forestales, en la actualidad, se atribuye a las alteraciones ambientales de tipo climático. Entre los casos más singulares podemos citar la importante problemática de la sequía de la encina (*Quercus ilex*) que se produce en el área de esta especie en el Mediterráneo occidental. La causa de esta anomalía se atribuye a múltiples razones, en las que se mezclan los cambios de tipo cultural que se están dando en estos bosques xerofíticos, conjuntamente con la presencia de nuevos agentes patógenos, y todo esto integrado con el posible fenómeno del cambio climático.

Al mismo tiempo asistimos en las áreas húmedas de la península Ibérica a la muerte de gran cantidad de abedules (*Alnus glutinosa*), sin que se pueda definir precisamente si son los hongos patógenos, la contaminación de las aguas o el cambio climático los causantes de este incidente en la sanidad de esta planta. En otros casos, especies seculares por su duración, como puede ser el roble (*Quercus robur*), presentan a nivel europeo un fuerte debilitamiento de sus masas que hace sospechar que algún factor ambiental, de ámbito general, puede estar incidiendo en esta especie y produciendo una menor resistencia a ciertos agentes patógenos que actúan unos a nivel radical y otros en el sistema foliar.

Además, analizando el comportamiento de los patógenos, a lo largo de treinta años de trabajo profesional, se detecta de manera poco perceptible para el profano como ciertas especies fúngicas adquieren protagonismo por temporadas o ciclos sin que conozcamos las causas de esta evolución (etiología). En la década de los ochenta hicieron su aparición una buena cantidad de especies del género *Ceratocystis*, que proliferaban



atacando pinos, olmos, plátanos..., presencia que después fue disminuyendo de manera casi imperceptible.

A finales de los noventa y comienzos del 2000 fueron las especies del género *Micosphaerellas* las que aparecieron en muchas enfermedades de coníferas y frondosas, causando importantes daños en castaños, eucaliptos y pinos, entre otros.

De forma un tanto semejante, el género *Armillaria* hace su aparición virulenta en estos diez últimos años, relacionándose sus ataques en plantaciones jóvenes con las actividades antrópicas y el uso de maquinaria en las labores silvícolas, razones que no parecen explicar totalmente este hecho.

Uno de los hongos más estudiados en el mundo puede que sea el género *Phytophthora*, por el incidente económico que tiene en muchos cultivos e incluso en ecosistemas naturales muy estables, como pueden ser los eucaliptales en Australia, los bosques de *Chamaecyparis* en Oregón (EE.UU.), los bosques de siringueira (*Hevea brasiliensis*) del Amazonas o incluso los ecosistemas artificiales como en el caso del pino insignne en Nueva Zelanda. Este género lo describe por primera vez Petri en 1918 en el castaño y desde entonces se descubre un número altísimo de nuevas especies en ataques a diversos tipos de plantas, adaptándose este género a condiciones ambientales en las cuales antes no habían sido citadas.

Estas nuevas formas vienen dadas por su capacidad reproductora y de evolución para adaptarse a las nuevas condiciones ambientales.

Al igual que hablamos de hongos, podríamos hacerlo en referencia a insectos, de los que los pulgones pueden ser un buen indicador de este cambio. Este tipo de insecto era poco conocido en medio forestal gallego, y los primeros focos fueron detectados en matas de *P. sylvestris* en áreas de la Sierra del Eje (Ourense) en 1988; en la actualidad su presencia en Galicia se distribuye en múltiples especies arbóreas (*Pseudotsuga douglasii*, *Pinus. pinaster*, *Cupressus sp.*, *Cedrus sp.*, *Platanus sp.*...), en las que diversos tipos de pulgones causan daños importantes.

Es muy posible que delante de un cambio climático las especies arbóreas no sean capaces de evolucionar a tiempo para adaptarse al nuevo medio, mientras que sus patógenos se hacen más fuertes, evolucionando más rápido en las nuevas condiciones. En esta situación el desequilibrio aumenta entre ambos grupos, actuando casi siempre en contra de las especies arbóreas.

Dentro de esta relación planta-parásito, podríamos emplear otro de los que consideramos buenos indicadores, altamente sensibles a los cambios climáticos, como son los hongos superiores. Los carpóforos de los hongos superiores salen al exterior como resultado de las condiciones ambientales más acomodadas para el micelio a raíz del suministro de alimentos que recibe. Este alimento viene a través de las plantas que micorrizan o del sustrato en que viven como saprófitos. *Cantharellus cibarius* es uno de los hongos más sensibles a cualquier alteración ambiental, y su desaparición en diversas partes de Europa Central nos puede estar indicando un cambio climático o simplemente los fuertes niveles de contaminación por las altas deposiciones nítricas que allí acontecen.

El grupo de los *Boletus edulis* marca de manera precisa, en las diferentes especies de este género, pequeñas alteraciones climáticas en la humedad y en las temperaturas (Fernández de Ana-Magán, 1997). Este trabajo permitió el seguimiento de la anomalía climática, como en el pasado 2007, en el que especies de este género como el *B. fragrans*



no salieron al exterior a causa de la baja precipitación en la primera quincena de agosto. En esta quincena se producen normalmente precipitaciones que incrementan la actividad vegetativa del castaño; la causa de esta actividad foliar, se transmiten al sistema radical los hidratos de carbono que alimentan el micelio del hongo simbionte y permiten que este fructifique al exterior en forma de hongo.

Dentro de los hongos, disponemos de referencias históricas de algunas especies de alto valor gastronómico que fueron determinadas en áreas próximas a Vigo en los años cincuenta y sesenta, como es el caso de la Amanita cesarea. Esta especie muy raramente se encontró en estos últimos treinta años en esas mismas áreas, y su justificación es difícil, ya que no se tiene constancia de un cambio de vegetación, por lo que suponemos que son otros factores ambientales los que actuaron en este comportamiento.

Quercus robur.

Desde 1990 a 1994 se llevó a cabo en el CIF de Lourizán la detección y seguimiento de un importante ataque a los robles del interior de Galicia por el insecto *Altica quercetorum*; la evolución de las poblaciones de este insecto, pasando de ser un elemento más de la biota habitual de estos ecosistemas a convertirse en una plaga forestal muy fuerte, aconteció en un período corto de tiempo. Este ataque comenzó en las grandes depresiones, como el Ribeiro, el Valle de Lemos, A Limia y en otras áreas calientes de verano del interior de Galicia, donde el descenso de las precipitaciones llegó a ser de más de un 50% en el año 1990, pasando de 2002 mm en 1985 a 665 mm en 1990; del mismo modo, las temperaturas tuvieron un aumento en los valores medios en más de un grado (entre 1 y 2,5), principalmente en el año 1989. Estas condiciones ambientales permitieron que este insecto saltador incrementara de forma alarmante sus poblaciones; este cambio poblacional fue debido al fuerte descenso de la humedad ambiental al largo del invierno, lo que hizo que desaparecieran de manera efectiva los hongos (*Beauveria* sp.) que parasitan los insectos cuando pasan el invierno en forma de imago bajo la hoja caída de los robles; estas enormes poblaciones llegarían a defoliar 6.000 ha de carballeiras, principalmente en las depresiones interiores de Galicia ya citadas. Estas condiciones climáticas mudan hacia 1994 y en ese año a plaga remite en intensidad y llega a desaparecer cómo tal en el año siguiente, volviendo la repuntar con menos fuerza en el 2007. De no llegar a mudar las condiciones ambientales que causaron ese período de sequía, los daños en las carballeiras se incrementarían de forma importante, dado que ya comenzaban a presentarse agujereados, producidos por insectos escolítidos perforadores, en los pies de los árboles atacados y debilitados por la actividad defoliadora de la *Altica*.

Eucalyptus globulus.

Esta especie, introducida en Galicia hace más de cien años, estaba considerada como un gigante sin problemas sanitarios que respondía muy bien a las variadas condiciones ambientales de este país, excepto el hecho de las heladas, que limitaba su esparcimiento a ciertos lugares del interior. A partir de 1975, un hongo *Botrytis cinerea* comienza por ser el primer agente biótico que se detecta en el CIF de Lourizán. Este patógeno le afecta



a esta planta en los primeros años de vida en los tejidos tiernos cuando se dan condiciones de humedad ambiental alta y temperaturas moderadamente bajas de primavera. Pocos años después, a comienzos de los ochenta, unas condiciones de sequía excepcional al largo de varios años hace que se presienten ataques de *Phoracantha semipunctata*, un insecto perforador de la madera que mata la planta adulta; este insecto desaparece de estas áreas cuando vuelven las condiciones climáticas normales gallegas, manteniéndose muy activo en el sur de la península Ibérica. Poco tiempo después, un nuevo insecto de origen australiano, *Gonipterus scutellatus*, entra en Galicia en madera importada y comienza a extenderse por los eucaliptales con una gran velocidad, colonizando el territorio en pocos años. Este curculiónido es combatido mediante un sistema de lucha biológica introduciendo su parasitoide *Anaphes nitens*; este parasitoide, que hace sus postas en las ootecas del *Gonipterus* parece contener el avance de la plaga, pero después de varios años se comprueba que las masas situadas en las áreas más elevadas son destruidas sistemáticamente por el ataque de este hongo, dado que las condiciones ambientales de sequía le impiden a esta planta defenderse ante esta plaga. En estas áreas, tirando por lo alto de los 300 metros las temperaturas de invierno no son acomodadas para el parasitoide, por lo que el *Gonipterus* dispone de planta debilitada y está libre del control del parasitoide. Para mayor problemática, a comienzos del año 2000 hace su presencia un nuevo hongo, del género *Mycosphaerella*, que causa la defoliación de los eucaliptais jóvenes, restando en buena medida su rentabilidad posterior.

Delante de este historial, en un espacio temporal de unos cuarenta años de la vida de esta especie, tuvimos un fuerte debilitamiento de ella; no conocemos cuantos problemas de estos vienen justificados por la introducción de los agentes patógenos, con el intenso comercio de su madera, y cuanto es debido el cambio, más o menos puntual, de las condiciones climáticas en esta región.

Pinus pinaster

En verano del año 2007 las condiciones climáticas fueron muy irregulares; nos primeros meses se dieron unas condiciones de humedad y temperaturas extraordinarias para la vegetación, lo que permitió que los pinos crecieran de manera espectacular en el sur de la provincia de Pontevedra, presentando agujas de este año y del anterior con una diferencia en longitud de más de un 50%. A partir del 1 de agosto asistimos a un largo período de unos sesenta días donde solamente cayeron 22 l/m², por lo que las reservas de agua bajaron de forma intensa. En esas condiciones de tiempo, llegado septiembre, se comienzan a detectar distintos síntomas foliares en especies forestales. Uno de los casos más singulares se dio en matas jóvenes de *P. pinaster*; algunas plantaciones expuestas a solaina en zonas con pendiente de un treinta por ciento, y con una densa vegetación xerofítica de competencia, presentan unas formaciones en bandera de las agujas de ese año. La explicación de este fenómeno se dio en el hecho de que, después de las condiciones excepcionales de los meses de la primavera y comienzos del verano, muy propicias para crecer estas plantas, llegado septiembre, esta situación de sequía, con días con humedad ambiental mínima de un 18-20%, la planta presenta clorosis y formaciones en bandera en las agujas, por no poder mantener la actividad vegetativa que en los meses



anteriores hacía disponer de una buena cantidad de agua en el suelo y una humedad ambiental alta.

Castanea sativa

En esta misma situación climática detectamos el ataque de un insecto xilófago (*Xyleborus dispar*. F) la plantaciones jóvenes de castaño realizadas en los años 2005 y 2006. Este daño fue visible en primavera del año siguiente, presentando la planta afectada una sequía de sus yemas que le causaba la muerte.

El ataque era producido por el estrés de la planta, que, después de crecer de forma extraordinaria a lo largo de la primavera y primeros meses del verano por las buenas condiciones climáticas, sufrió una fuerte sequía a partir de los meses de septiembre hasta noviembre; ya en el nuevo año, en el mes de febrero las temperaturas medias máximas consiguieron los 18,4 °C.

En esta situación climática el ataque de este escolítido se produce en el mes de febrero, cuando la planta, debilitada por la falta de agua a nivel radical, atrae el insecto, que, adelantando su salida por las temperaturas altas, agujerea en la zona cortical, llegando al xilema cuando la planta aun no estaba activada. El mayor daño no viene dado directamente por las perforaciones del insecto, sino que es el resultado de que este actúa de vector de un hongo que coloniza los tejidos y causa una traqueomicosis en la planta. Este daño no se hizo perceptible hasta llegar la primavera, que es cuando el insecto sale de la planta afectada y entra en otra para hacer la posta. En las áreas donde se produce este ataque se puede observar que el comportamiento de las diferentes castas de planta de castaño híbrido responde de manera diferente delante de esta plaga y que el estado fisiológico de la planta es muy importante para la atracción del insecto.

3. Pérdida de diversidad florística en Galicia

La vegetación de alta montaña, los bosques caducifolios y arbustos asociados sensibles a la sequía estival, los bosques del sur y suroeste peninsular y la vegetación litoral se cuentan entre los tipos más vulnerables. Las pérdidas de diversidad florística tendría una relevancia especial en el caso gallego ya que Galicia alberga una proporción muy elevada de la diversidad vegetal europea. Evitar las pérdidas de biodiversidad causadas por los impactos del cambio climático requiere respuestas locales y globales.

Fagus sylvatica: los hayedos, presentes en Serra do Courel y Ancares, habitan de 1000 a 1700 m de altitud en un clima húmedo y sin sequía estival, por lo que su presencia se verá reducida e incluso desaparecerá, debido a un desplazamiento en altitud en busca de mejores condiciones.

Quercus robur: las carballeiras, asociadas en muchos lugares a los hayedos, requieren un clima oceánico, húmedo, donde se acuse poco la sequía estival.

Quercus pyrenaica: se crían en las laderas de montañas a una altitud de 40-1600 m. También llamado cerquiño, cerqueiro o roble negro, está desplazando las poblaciones de haya y roble ya que su rango de altitud es mucho mayor y tiene más espacio para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas.



Quercus ilex: La encina, es la especie que menos problemas de adaptación tiene y que podrá colonizar gran parte de Galicia pues habita desde altitudes a nivel del mar hasta los 2000 m de altitud.

La red de espacios protegidos y la política de conservación, la restauración ecológica, la gestión forestal, la regulación de los usos ganadero y cinegético, la ordenación del territorio, la evaluación ambiental y la educación ambiental tendrán un papel fundamental en las estrategias de adaptación, y son las políticas más importantes en el reto de aportar respuestas a los impactos del cambio climático.

4. Variación en la producción neta de los ecosistemas forestales.

El crecimiento del bosque es un factor de primer orden en la regulación del carbono atmosférico, que es retenido en forma de madera y tejidos vegetales gracias al proceso de la fotosíntesis de los vegetales.

Las variaciones esperadas en el inmediato futuro se ajustarán a un patrón como el siguiente: durante algunas décadas, la productividad forestal en Galicia puede aumentar, y con ello el efecto sumidero, debido a grandes cantidades de CO₂ disponibles en la atmósfera para el crecimiento vegetativo, aunque la situación no se mantendrá en el tiempo. El retorno al suelo de materia orgánica en forma de hojarasca y raíces finas aumentará, al tiempo que disminuirá la producción de madera. La cantidad de carbono devuelta a la atmósfera aumentará sensiblemente con el paso del tiempo. Es decir, que la producción primaria aumentaría inicialmente, para disminuir conforme discorra el siglo XXI, transformándose paulatinamente los bosques en emisores netos de carbono a la atmósfera.

Las especies caducifolias alargarán su ciclo vegetativo; la renovación foliar y de las raíces finas de las perennifolias se acelerará, alterando el balance interno de reservas de la planta. El consumo de carbohidratos en la renovación de estructuras aumentará, disminuyendo así las reservas de la planta e incrementando su vulnerabilidad ante episodios adversos.

La reserva de agua en el suelo disminuirá conforme aumente la temperatura y la demanda evaporativa de la atmósfera. Esto supondrá un importante factor de estrés para el arbolado. En las zonas con déficit hídrico esto puede ocasionar cambios en la densidad del arbolado o de especies. En casos extremos, áreas susceptibles de albergar en la actualidad sistemas arbolados pueden perder esta condición, pasando a soportar matorrales u otra vegetación de menor porte.

En períodos normales de sequía en Galicia la producción en las unidades bioclimáticas descende debido a las adversas condiciones meteorológicas. Con el cambio climático, las condiciones adversas se verán agravadas provocando incluso un paro en el ciclo de desarrollo de los árboles, lo que se traduce en un descenso de la producción de madera del orden del 10-15% anual por unidad de superficie.

Un efecto del cambio climático mensurado hasta el momento, y que nos puede orientar sobre futuras pautas de cambio inducidas en los ecosistemas, sería el hecho de que la



producción media anual de piña en los montes de la provincia de Valladolid, muestra en los últimos 40 años una tendencia a la baja. Se traduce en una reducción de un tercio de la producción: unos 120 kg/ha de media en los años 90 frente a más de 180 kg/ha referidos en los años 60. Este descenso general de la producción va en paralelo con las tendencias de las temperaturas y precipitaciones registradas en ese mismo intervalo.

5. El sector forestal como sumidero de carbono

A menudo se identifica este sector con la absorción o fijación de CO₂ atmosférico en sumideros biológicos; y es cierto, aunque también liberan CO₂ a la atmósfera en la respiración de las plantas y en la descomposición de la materia orgánica, de forma que en el medio plazo se establece un equilibrio entre el carbono fijado y el que se devuelve a la atmósfera, pero quedando una importante cantidad neta como media, fijado en forma de tejidos lignocelulósicos, materia orgánica muerta y humus.

El carbono ingresa en el agrosistema por la fotosíntesis, y posteriormente a través de los residuos vegetales se incorpora al suelo. Parte de este carbono de los residuos es estabilizado formando materia orgánica humificada, condición que enriquece el suelo, por lo que un retorno al suelo de los residuos beneficia la condición de sumidero además de aportar otros beneficios al suelo. Los sumideros de carbono forestales tienen unas características especiales que deben tenerse en cuenta a la hora de establecer su papel dentro de una estrategia integrada de lucha contra el cambio climático:

- Reversibilidad: el CO₂ capturado puede en cualquier momento volver a la atmósfera (por ejemplo en incendios forestales y en talas).
- Vulnerabilidad al propio cambio climático: una sequía puede causar una elevada mortandad de árboles o reducir la producción primaria de un ecosistema.
- Posibilidad de detraer recursos para la puesta en marcha de otras opciones económicas y sencillas, de base tecnológica (como inversiones en energías renovables o medidas de eficiencia energética) de gran capacidad de evitación de emisiones, y que podrían ser más efectivas como estrategia de mitigación en el medio y largo plazo.
- Saturación: la fijación de CO₂ por los ecosistemas vegetales tiene un límite físico, una vez que los ecosistemas son maduros o los reservorios como el suelo alcanzan su máxima capacidad de almacenamiento.

Pero además los bosques emiten CO₂ a la atmósfera durante la respiración y en condiciones de estrés hídrico, en incendios, deforestación, oxidación de la materia orgánica, etc. Por tanto, cuantos menos incendios y más especies autóctonas, adaptadas a las condiciones del lugar, menor será la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera por parte de las áreas forestales.

A pesar de lo explicado en el anterior apartado, los bosques son la alternativa de lucha contra el cambio climático, más inmediata, económica, eficaz, y poderosa.

La recuperación de los antiguos bosques gallegos, dotando a nuestros paisajes y gentes de un medio de alta calidad, es hoy, socioeconómicamente hablando, más viable que



nunca. Si una cualidad tienen estos bosques maduros, es su óptima capacidad como sumideros de CO₂.

En 1m³ de madera de coníferas (como los pinos, abetos o cedros) hay retenidos unos 227 kg de carbono C, mientras que en 1m³ de madera de frondosas (como robles o castaños) hay retenidos unos 316 kg de carbono C.

En la actualidad hay 2.000 millones de hectáreas de bosque en el planeta, (unas 1.000 veces la superficie total de Galicia), la mitad de las que existieron en el pasado antes de la influencia de la humanidad, principalmente con la expansión de la agricultura. Estos bosques almacenan una cantidad de carbono equivalente a la acumulada en la atmósfera, a la que hay que añadir los suelos forestales, que en el humus, almacenan otra cantidad equivalente a la de las plantas del bosque.

Si en los próximos siglos la fotosíntesis producida por las plantas de los bosques va a actuar o no como sumidero para las emisiones antropogénicas de CO₂, va a depender básicamente de si los bosques se van a expandir o van a ver reducida su superficie por la intervención humana. La deforestación hace que los bosques se reduzcan, y que actúen como emisores de CO₂ atmosférico cuando se talan y queman. Por el contrario la reforestación hace que los bosques se expandan, capturen el CO₂, y disminuyan así su concentración en la atmósfera, a la vez con sus efectos sobre el calentamiento global.

Una alternativa a tener en cuenta para el aprovechamiento de la biomasa y la reducción de emisión de CO₂ a la atmósfera es la valorización energética. La biomasa es en realidad un nuevo nombre para algo tan antiguo como la leña. La novedad estaría en que estas leñas, o ahora biomasa, en vez de quemarse únicamente para generar calor, como por ejemplo en una cocina o estufa casera, se quemarían en una caldera de una central eléctrica para producir electricidad. Ahora bien, cuando hablamos de quemar madera no nos referimos a la que hoy día se utiliza en la industria, para hacer tableros, pasta de papel o tablas, sino que se habla de quemar restos de cortas (ramas, tocones, troncos de pequeños diámetros, y broza del monte), pues es la opción realmente viable.

15. El Cambio Climático en Galicia. Incendios forestales

Si analizamos la distribución mensual del número de incendios en el período de estudio en cada una de las provincias gallegas, se puede apreciar que presenta un carácter bimodal, con dos máximos en marzo y en agosto. Se observa como el máximo de frecuencia de marzo para los períodos 1992-1999 y 2000-2006, especialmente en relación con los tres períodos anteriores, indica una expansión de la época de peligro. Esta respuesta no es tan evidente para los incendios del verano. Sin embargo la distribución de la superficie quemada no muestra una disposición bimodal, concentrándose la mayor superficie quemada en los meses de agosto y septiembre.

Para el estudio se utilizaron, cinco tipos de indicadores de peligro de incendios y uno de sequía. Los índices de incendio se agrupan en dos tipos. El primero comprende los estimadores directos de la humedad de los combustibles finos muertos; el segundo, los que integran esta información con otras variables meteorológicas y no tienen una significación física tan directa. Dentro del primero grupo existen dos categorías: los que asumen que el proceso de ganancia y pérdida de humedad está sólo controlado por la



humedad relativa y temperatura del aire, y los que además consideran que influyen otras variables meteorológicas.

Dentro de la primera categoría, se determinaron un conjunto de índices australianos, estimadores de la humedad del arume superficial bajo arbolada, restos leñosos finos superficiales o herbáceas secas(combustibles finos muertos). Estos fueron: el índice CBEF, que estima la humedad de los combustibles citados en masas abiertas de eucalipto (McArthur, 1962); este modelo empírico fue luego desdoblado en dos por Viney y Hatton (1989) para tener en cuenta, por separado, las condiciones de adsorción y desorción que se producen en el intercambio de vapor de agua entre la atmósfera y los combustibles, y lo de adsorción fue modificado por Gill (1987). El índice Grass Hiere Danger Meter (GFDM) de McArthur (1966), que predice la humedad de la hierba seca totalmente expuesta al sol. Y, finalmente, el Forest Hiere Danger Meter (FFDM), también de McArthur (1967), un estimador de la humedad del arume superficial bajo eucalipto, especialmente en las primeras horas de tarde durante el verano.

También dentro de esta misma categoría de índices se empleó el modelo conocido como FBO de Rothermel (1983), que estima la humedad de los combustibles finos muertos y restos finos leñosos. Este modelo considera, además de la humedad relativa y temperatura del aire, unas correcciones aditivas que tienen en cuenta el efecto de la radiación debido a la época del año, a la hora del día, el grado de cobertura por copa de árboles o nebulosidad, junto a la pendiente y exposición del terreno. Para los índices australianos y FBO se utilizaron los valores de los parámetros meteorológicos medidos a las 13.00 hora solar. Para FBO se consideró una situación de masa arbolada (con cobertura > 50%), exposición y pendiente del 30%.

Los índices anteriores están ideados para ser usados en pleno verano, en períodos libres de lluvia de suficiente duración como para que la influencia de este parámetro se pueda considerar despreciable.

Fueron determinados para los meses del verano (junio, julio, agosto y septiembre) y también marzo, un mes con frecuentes períodos libres de lluvia y donde tienen lugar un gran número de incendios en Galicia. Para esos períodos se consideraron dos tipos de promedios mensuales de los valores diarios de los índices CBEF, GFDM, FFDM y FBO. El primero tipo de promedio excluyó los días de precipitación diaria acumulada $P > 1,5$ mm. Este límite fue elegido como un valor típico de lluvia interceptada por la vegetación (Rutter, 1975; Flannigan, 1988; Simpson, 1985). La segunda opción excluyendo además el día siguiente al de la precipitación cuando $6 < P < 10$ mm o dos días siguientes cuando $P > 10$ mm.

Esta opción se refiere cómo la de los períodos libres de lluvia. La segunda categoría de los índices de peligro usados, estiman la humedad de los combustibles finos muertos, considerando que además de la humedad relativa y temperatura del aire, interviene otras variables meteorológicas. Dentro de esta categoría se usaron los modelos BEHAV Y (Andrews, 1989), desarrollado por Rothermel (1986), y el modelo australiano de Sneeuwjagt (1985).

Para el verano, en Vigo, los índices de probabilidad de ignición de BEHAVE muestran los cambios en el tiempo más pronunciados, con una marcada tendencia al



empeoramiento. Le siguen las estimaciones de humedad de los combustibles finos muertos de BEHAVEY y de los modelos australianos FFDM y GFDM.

En todos los casos se produce un descenso de la humedad estimada de esos combustibles. La significación es menor para el índice SMC1, aunque la pendiente de pérdida de humedad en el tiempo es similar a la de los modelos australianos CBEF y algo menor que en FBO. Por su parte, algunas de las componentes del índice canadiense (FFMC, ISI y FWI) presentaron también cambios, aunque con menor significación. El índice de sequía KB1 no mostró ninguna variación significativa a largo plazo.

Las respuestas de las tendencias de los valores del verano para los índices australianos y FBO, cuando se consideran los períodos libres de lluvia, son similares a las anteriores, a pesar de que las pendientes son levemente más elevadas en algunos de estos índices. Esto incluso les sucede a los índices canadienses. Tampoco en este caso el índice de sequía KB2 parece variar en el tiempo.

Como contraste, en la Coruña no se detectaron tendencias significativas de variación en el tiempo para ninguno de los índices de peligro. En Santiago de Compostela, las tendencias de los índices australianos mostraron generalmente niveles de significación más bajas que en Vigo, con pendientes también inferiores en todos ellos, no hallándose significación en la variación anual de SMC1. La posición relativa de los índices, basándose en las pendientes, es similar a la de Vigo. Como en la Coruña, los índices canadienses no mostraron tendencias de cambio significativas en el tiempo. Igual que en Vigo, al considerar las medias de verano para los períodos libres de lluvia, las tendencias de variación temporal de los índices australianos y FBO se acentuaron e incluso se detectó para SMC2 un descenso significativo en el tiempo. Siguió sin aparecer respuesta en los índices canadienses, excepto para FFMC, que ascendió, aunque menos que en Vigo.

En Lugo, los índices australianos analizados presentaron también tendencias de cambio, junto a KB1 y FFMC. El índice con mayor pendiente de incremento del peligro de incendios en el tiempo fue FFDM.

Para los períodos libres de lluvia, se mantuvo la significación de los mismos índices y hubo un ligero aumento de las pendientes.

Finalmente en Ourense, además de los empeoramientos de todos los índices australianos con el tiempo, KB1 presentó un fuerte aumento medio al largo del tiempo. Particularmente marcado fue el incremento anual medio del índice FFMC con un valor más de 2,6 veces superior al de Vigo. Cuando se consideran los períodos libres de lluvia, los índices australianos evidenciaron un empeoramiento de la humedad de los combustibles, pero no todos los canadienses.

Para el mes de marzo, en general, se mantuvieron o se ampliaron el número de índices que mostraron tendencias significativas al empeoramiento con el tiempo en Vigo, A Coruña, Santiago de Compostela y Lugo, mientras que generalmente descendieron en Ourense. En algunos casos, las pendientes fueron muy elevadas, como en FFDM y FFMC en Lugo. Por lo regular, los índices presentaron pendientes de las tendencias de cambio mayores que en los meses de verano. Continuó manteniéndose la pauta, observada ya para los meses de verano, de un incremento mayor del empeoramiento de



los índices cuando se consideraron los promedios mensuales obtenidas en los períodos libres de lluvia.

Los resultados del test estacional de tendencias para los índices canadienses ilustran también las diferentes respuestas de variación temporal a largo plazo obtenidas en las estaciones analizadas. En conjunto, se mantuvo la falta de respuesta en la Coruña y Santiago de Compostela, acentuándose las pautas de variación de empeoramiento de los índices ya observadas para el verano y marzo en Lugo y Vigo, mientras que ese empeoramiento pareció debilitarse en Ourense.

De lo anterior se derivan varias consecuencias. La mayor parte de los índices de peligro analizados muestran una clara evidencia de cambio climático en Galicia. Desde la perspectiva de incendios forestales ese cambio es siempre hacia unas condiciones de peligro más severo. Aunque se observan diferencias en el grado de tendencia de los diferentes índices, existen mayoritariamente concordancias entre ellos.

Este panorama empeora cuando se consideran los períodos libres de influencia de la lluvia. Aunque los límites establecidos de precipitación para clasificar los días como de ausencia de lluvia pueden ser algo artificiales, dado que los incendios tienen lugar mayoritariamente en esos períodos, este agravamiento en esos intervalos libres de lluvia puede tener repercusiones muy negativas si no es tenido en cuenta en la planificación a largo plazo del sistema de protección contra incendios forestales en Galicia.

Los índices de estimación de la humedad de los combustibles finos muertos del sotobosque mostraron con mayor claridad las tendencias de cambio climático que los índices de peligro canadienses y de sequía.

Se evidenciaron dos gradientes de cambio climático en Galicia con un sentido creciente de empeoramiento de las condiciones: uno en el sentido norte-sur y otro desde la costa hacia el interior, observándose que en Ourense las condiciones tienden a agravarse de forma bastante más pronunciada que en el resto de las estaciones. Esta última tendencia parece atenuarse al incluir el período estival en el contexto anual.

En verano hubo una tendencia creciente significativa en el número de incendios durante el período de estudio para las provincias de Coruña, Ourense y Lugo, mientras no se observó ninguna para Pontevedra. La pendiente de cambio a largo plazo fue reducida, aunque mucho mayor para Ourense que para A Coruña y Lugo (3,3 y 4,9 veces, respectivamente). Como contraste, la superficie afectada no mostró ninguna tendencia significativa. En marzo, el número de incendios presentó un significativo pero reducido aumento en las cuatro provincias, teniendo, de nuevo, Ourense valores de pendiente entre 2,9 y 3,4 veces más elevadas que las restantes. También la superficie afectada exhibió una tendencia a incrementarse con el tiempo que, aunque pequeña en valor absoluto, fue entre 4 y 4,5 veces mayor en Ourense que en las restantes provincias.

Los índices de peligro de incendios forestales analizados evidenciaron claramente una tendencia a un significativo empeoramiento en las condiciones de inicio y propagación del fuego en Galicia en los últimos decenios. Podemos, por lo tanto, decir que reflejan una situación de cambio climático en Galicia.



Se aprecia un agravamiento de la situación de peligro en marzo y en un amplio período estival (junio, julio, agosto y septiembre). Ese empeoramiento relativo es mayor en marzo que en verano, con las consecuencias ecológicas, de prevención y extinción de incendios forestales que eso lleva consigo.

Por otro lado, al considerar las tendencias de cambio en los períodos libres de lluvia, en marzo y en verano, el cuadro muestra un mayor agravamiento que cuando se analizan las tendencias incluyendo días de lluvia. Esto significa un salto cualitativo negativo en el peligro de incendios, ya que es en ese período cuando se producen los fuegos y el dispositivo contra incendios tiene que hacer frente a esos eventos.

Otros rasgos de interés emergieron en el estudio. Se detectaron dos sentidos de empeoramiento de los índices de peligro en el tiempo. Un norte-sur, al descender la latitud, y otro hacia el interior de Galicia, siendo Ourense la provincia donde la situación futura puede ser más problemática. Por otro lado, los estimadores directos de la humedad de los combustibles finos muertos del sotobosque evidenciaron con más claridad las tendencias de cambio climático. Por su parte, los índices canadienses y ecosistemas terrestres de sequía explicaron un mayor porcentaje de la variabilidad del número de incendios y superficie afectada por estos.

16. El Cambio Climático en Galicia. El sector ganadero.

La implicación del cambio climático sobre la ganadería es compleja por la diversidad de sistemas ganaderos presentes en Galicia. Los aumentos de temperatura por encima del nivel de neutralidad térmica afectan negativamente a la ingesta así como a las horas activas de pastoreo. La alteración de los patrones climáticos afecta indudablemente la producción y la productividad agrícola de diferentes maneras, dependiendo de los tipos de prácticas agrícolas, sistemas y periodo de producción, cultivos, variedades y zonas de impacto.

Se estima que los principales efectos directos derivados de las variaciones en la temperatura y precipitación sean en la duración de los ciclos de cultivo, alteraciones fisiológicas por exposición a temperaturas fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas y respuesta a nuevas concentraciones de CO₂. Algunos efectos indirectos de los cambios esperados se producirían en las poblaciones de parásitos, plagas y enfermedades (migración, concentración, flujos poblacionales, incidencias, etc.) disponibilidad de nutrientes en el suelo y planificación agrícola (fechas de siembra, laboreo, etc.)

El cambio climático tiene efectos directos en la producción ganadera, e indirectos debido a los cambios en la disponibilidad de forraje y pastos. También determina el tipo ganado y como éste debe adaptarse a diferentes zonas agro-ecológicas, como también el número de animales que tienen capacidad de sostener las comunidades rurales. Se espera además que el cambio climático afecte el ganado en términos de especies, esto es, una redistribución de la zonas de cría de las especies.



Además otro de los problemas añadidos del aumento de temperatura son las consecuencias tanto en la salud de los animales como cambios en la distribución de las especies y los cambios en la alimentación.

Desde el punto de vista de sanidad animal, cabe esperar que los efectos del cambio climático se observen en todos aquellos procesos parasitarios e infecciosos cuyos agentes etiológicos o sus vectores, tengan una estrecha relación con el clima.

Actualmente se están produciendo cambios en la dinámica de las enfermedades y uno de sus efectos más visibles concierne a los cambios en la distribución de los vectores en la enfermedades llamadas “vectoriales”.

El Cambio Climático preconiza el incremento en la frecuencia de eventos extremos. Basado en los registros entre 1991 y 1990, se han estimado futuros escenarios acordes al nivel de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El proyecto PRUDENCE simula 16 variables climáticas entre ellas algunas con las que se marcan los rangos de distribución de algunos vectores de importantes enfermedades infecciosas transmitidas por virus.

Respecto a una de las variables climáticas mejor estudiadas como la Temperatura, se sabe hoy día que el efecto de la subida de temperatura puede influir sobre la capacidad infectiva del vector a través del aumento del metabolismo en el insecto, la aceleración de su ciclo vital, el aumento de la tasa de replicación viral, etc.

Otras variables implícitas en el Cambio Climático como la humedad relativa, la insolación (radiación solar), la evapotranspiración, la temperatura mínima, la pluviosidad, el viento, etc., son variables relacionadas con la aparición de enfermedades en latitudes hasta ahora desconocidas.

Se han seleccionado como ejemplo de enfermedades influenciadas por el cambio climático tres de ellas por su actualidad: la Lengua Azul, La Fiebre Hemorrágica de Crimean Comgo y la Gripe aviar, tres enfermedades en las que se viene trabajando desde hace algunos años y en las que algunas de las variables climáticas, cuyas predicciones conocemos a través de los Modelos de Regionalización del Cambio Climático para España, justifican en gran parte la situación epidemiológica actual.

Lengua azul: El virus causante de la Lengua Azul utiliza como medio de transmisión a mosquitos Culicoides. El rango de distribución del mosquito se encontraba entre los 40° norte y los 35° sur, pero con el aumento de temperaturas en los últimos años el mosquito ha ampliado su rango de distribución, por lo que podemos encontrar la enfermedad entre los 60° norte y los 60° sur, abarcando gran parte de Europa.

Los mosquitos llegan a España en las nubes de polvo procedentes de África, y las condiciones idóneas para su reproducción son humedad y temperatura altas.

Fiebre hemorrágica Crimea-Congo, CCHFV: este virus, que se transmite a través de garrapatas, se ha encontrado en países de la antigua URSS, China, India, Africa Subsahariana, Afganistán, Pakistán, Hungría, Turquía, Francia y Portugal. Las zonas de más riesgo son aquellas con alta población de ovejas, pues los grandes herbívoros son los hospedadores preferidos de las garrapatas. Un incremento de la temperatura de 2°C y



una disminución de las lluvias del 40%, convertiría a España en lugar idóneo para *Hyalomma marginatum*, la garrapata que lo transmite.

Gripe aviar: las tormentas y las épocas de sequías ya no siguen los ritmos que históricamente tenían establecidos y esta alteración influye en los movimientos migratorios de las aves y, por tanto, en la expansión de la gripe aviar.

En la Unión Europea se ha dado el 85% de los casos de gripe aviar, pero con el avance del cambio climático se espera una disminución de casos porque los humedales se reducirán por lo que habrá menos concentración de aves y menos posibilidad de infección.

Pero al margen de estos factores que están influyendo en la aparición de nuevas enfermedades en zonas y países que hasta ahora eran vírgenes, otros factores influidos directa o indirectamente por el Cambio Climático, son decisivos para aumentar el riesgo de una enfermedad.

Entre ellos, la globalización de los mercados, el movimiento de animales cada vez mayor, las deficitarias medidas de bioseguridad en muchas regiones, la mala gestión de la vida silvestre, el mercado de especies silvestres legal e ilegal, completan un marco en el que aparecerán las enfermedades a corto y medio plazo.

En Galicia, el cambio climático tiene efectos directos en la producción ganadera ya que determinará:

- Tipo ganado y como éste debe adaptarse a diferentes zonas agro-ecológicas
- Número de animales que tienen capacidad de sostener las comunidades rurales.
- Redistribución de las zonas de cría de las especies, el cambio climático afectará también al ganado en este aspecto.

Pero también tendrá efectos indirectos debido a los cambios en la disponibilidad de forraje y pastos ya que la sequía, lleva aparejado merma en la producción de los cultivos así como un gasto extra, principalmente en las explotaciones de leche y carne, pues se verán obligados a comprar pienso y forrajes.

El cambio climático traerá períodos de déficit hídrico, que influirá negativamente en las producciones agrícolas-ganaderas, se producirá una importante disminución en la producción de los cultivos empleados para la propia explotación (prados, praderas, maíz, etc) para alimentación del ganado, de tal modo que, la escasez de alimento obligará a abrir los silos antes de lo que viene siendo habitual (habitualmente se hace en octubre-noviembre, pero en dichas condiciones tendrían que hacerlo en agosto), por lo que cuando llegue el periodo invernal ya no dispondrán de alimento para el ganado, por lo que será necesaria la compra de alimentos (piensos, heno, alfalfa, etc) para suplementar la dieta del ganado, lo que implica un aumento de los costes de las explotaciones ganaderas.

Desde el año 2003 hasta el año 2006 en Galicia se produjeron importantes etapas de déficit de hídrico que corresponden en la mayoría de las zonas estudiadas en el periodo de julio a septiembre ("Estudio para el cálculo de los índices de sequía y sus impactos y repercusiones económicas en el sector agroforestal de Galicia 2003-2006).



Pero cabe destacar, que en periodo del 2005/2006 el déficit hídrico se adelantó, comenzó en el mes de junio y se prolongó hasta finales de septiembre.

También se apreció que este déficit de agua fue más acusado en las zonas del interior de Galicia (Melide, Fonsagrada, Guitiriz, Sarria y la zona central de Ourense, etc), respecto a las zonas costeras, este déficit fue incrementándose progresivamente en los tres periodos estudiados.

Se estudió también la posible tendencia plurianual hacia un incremento de la sequía invernal.

Aunque los balances hídricos obtenidos en cada estación, en los tres periodos estudiados no se aprecia un déficit hídrico en el periodo invernal. Si cabe destacar que en el mes de febrero la precipitación es baja pudiendo llegar en algún caso, uno de los meses de menor precipitación del año.

Sin embargo, no existen diferencias significativas, lo que nos lleva a pensar que se está produciendo una redistribución de la precipitación a lo largo del año, es decir, una disminución en febrero –marzo y los meses de verano y un aumento de la precipitación en otoño.

Con los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas comparadas con las encuestas realizadas en el trabajo de campo se observó que estos periodos de déficit hídrico influyeron negativamente en las producciones agrícolas-ganaderas de las explotaciones encuestadas, se produjo una importante disminución en la producción de los cultivos empleados para la propia explotación (prados, praderas, maíz, etc) para alimentación del ganado.

De tal modo que la escasez de alimento en algunas de las zonas, en el periodo 2005/2006 se vieron obligadas a tener que abrir los silos en el mes de agosto, cuando habitualmente se hace en el mes de octubre o noviembre, así es que en el periodo invernal ya no disponían de alimento para el ganado.

El principal problema con el que se encontraron los ganaderos fue la falta de alimento producido en la propia explotación, que les obliga a comprar alimento para el ganado (piensos, alfalfa, forrajes...) situación que aumenta los costes de producción.

Todo esto conlleva a un incremento en los costes de la explotación y se estimaron los siguientes datos.

Un incremento en los costes en la alimentación animal de 0.58€/animal/día.

Esto supone para una explotación media de 22 vacas, de las estudiadas en este período, un incremento de 395€/mes.

Hay que tener en cuenta que esta es una valoración específica para los periodos estudiados y que podrá variar dependiendo de muchos factores, principalmente climatológicos.

à Además de todos los efectos hablados anteriormente, es importante hablar de otros aspectos que se observaron en el trabajo de campo, que pudieron propiciar estos periodos de sequía (con el aumento de las temperaturas y la disminución de la precipitación). Por un lado:

Aumento de las plagas de los cultivos, aumento de la necesidad de los fitosanitarios, aumento de los costes de la explotación.

Repercusiones negativas en la sanidad animal: aumento de la mamitis y las neumonías.



Aumento del número de abortos en las vacas (debido al aumento de las temperaturas que causa estrés en las vacas)

Ausencia de celos o aumento en los períodos entre partos.

Disminución de la producción de leche (las vacas comen menos, están menos tiempo acostadas, etc), por lo tanto menores ingresos para la explotación.

Esto unido al incremento en el consumo de fitosanitarios para los cultivos por el aumento en la presencia de plagas y el aumento en la utilización de medicamentos para el ganado por las nuevas enfermedades que se prevé surjan, hará que se incrementen los costes de una explotación media.

Como conclusiones finales podemos decir que, desde el año 2003 hasta el 2006 se han producido períodos de importante déficit de agua, que corresponden en la mayoría de las zonas con el período comprendido entre julio y septiembre. Cabe destacar que, en algunas zonas, en el período 2005/2006 estas etapas de sequía se adelantaron, comenzando en el mes de junio y prolongándose hasta finales de septiembre.

Se observa en las encuestas que estas etapas de sequía influyeron negativamente en las producciones agrícolas-ganaderas, pues desde el período 2003/2004 hasta el 2005/2006 tanto las producciones de los prados como las de forraje y hierba para heno se vieron disminuidas progresivamente, alcanzando su mínimo en el último período estudiado; etapa donde se observó la mayor deficiencia de agua en un período más largo de tiempo. Además todo esto nos hace pensar que las consecuencias de la sequía pudieron llegar a otros niveles: con respecto al cultivo, se apreció un aumento en la presencia de plagas, lo que propició un aumento en el consumo de los fitosanitarios y como consecuencia aumento de los costes de la explotación; o el bajo rendimiento de la cosecha, que repercutió negativamente en la cantidad y la calidad de la producción lechera o cárnica de la explotación.

Respecto al ganado de la explotación, la sequía repercutió en la sanidad de los mismos, produciéndose más abortos, retraso en el periodo de celo de las hembras y aumento de la presencia de enfermedades (diarreas, neumonías). Todo esto conllevó a un aumento de los gastos de medicamentos.

Dado que los precios de compra de alimentos aumentaron progresivamente, al igual que la tendencia de la sequía, podemos apreciar que esta influyó en las áreas de producción de estos cultivos fuera de Galicia.

Incluso en algunas explotaciones en el período 2005/2006 fue necesario adquirir agua para alimentación del ganado de fuentes externas de la explotación.

Resumiendo, la sequía en las zonas estudiadas desencadena un aumento de los costes de las explotaciones ganaderas debido a: la disminución de la producción de los cultivos de la propia explotación, siendo necesario la compra de alimentos (piensos, heno, alfalfa, etc) para suplementar la dieta del ganado, costes que se vieron incrementados progresivamente debido al aumento de precios de estos, incremento en el consumo de fitosanitarios para los cultivos y medicamentos para el ganado.

A la luz de las evidencias comentadas podríamos perfilar una serie de estrategias para mitigar las causas y así adaptarnos a los efectos del cambio climático; ya que este va a



tener impactos directos e indirectos sobre la salud humana y animal. En cuanto a sanidad animal sería necesario:

1. El establecimiento de medidas de bioseguridad en las explotaciones, en el transporte y en la industria: esto significa adoptar prácticas, medidas e infraestructuras adecuadas que eviten la entrada de microorganismos así como mantener una constante desinfección.
2. Adoptar planes de vacunación y medicación correctos con un seguimiento de la evolución
3. Invertir en formación de los trabajadores de las explotaciones para crear un sistema de detección precoz y un protocolo de actuación, en su caso.
4. Utilización de razas autóctonas es una medida a tener en cuenta, ya que aprovechan los recursos de una forma más eficiente y están mejor adaptadas al clima y a las características del lugar. Además se evitan problemas sanitarios provocados por el desconocimiento y manejo de las razas.

En cuanto la contribución del sector ganadero al cambio climático, este podría ser mitigado a través de:

- *Correcto manejo de fertilizantes.* Un uso más eficiente de los fertilizantes nitrogenados, por ejemplo, puede reducir significativamente las emisiones de N₂O.. El correcto manejo de los fertilizantes es una de las principales medidas a considerar para reducir significativamente las emisiones de N₂O. Algunas de estas medidas incluyen:
 - Ajuste de las cantidades de aplicación basado en un cálculo más preciso de las necesidades del cultivo a tratar.
 - Empleo de fertilizantes de liberación mas lenta, como los fertilizantes orgánicos en lugar de químicos, asegura una menor pérdida de nutrientes por lixiviación.
 - Aplicación del fertilizante cuando es menos susceptible a ser lavado, idealmente justo antes de su toma por la planta.
 - Aplicación más precisa del fertilizante en el suelo.
 - Adopción de cultivos con menor necesidad de aplicación de fertilizantes y pesticidas. Un ejemplo importante es el uso de rotaciones de cultivo con leguminosas, que no requieren la adicción de fertilizantes nitrogenados (son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en formas asimilables por la planta) y que por tanto suponen una reducción en las emisiones de este tipo de compuestos. Además de poseer variedades capaces de adaptarse a todas las regiones de Europa, el cultivo de leguminosas representa una opción muy rentable por la posibilidad de emplear sus granos en el mercado de alimentación animal y por el ahorro considerable en fertilizantes.
- *Disminución de la producción de metano intestinal* de los rumiantes con mayor control en la alimentación, alimentación a base de concentrados, suministrar aceites especiales en la dieta. La mejora en la alimentación del ganado puede reducir considerablemente las emisiones. Por ejemplo, la alimentación a base de concentrados, el suministro de aceites especiales en la dieta o la optimización de la toma de proteína para reducir la excreción de nitrógeno. Reducir, en la medida de lo



posible, el contenido en proteína bruta de la ración y complementarla, si fuera necesario, con aminoácidos sintéticos para que el rendimiento no disminuya..

Utilización de fuentes de fósforo más digeribles

También existen ya agentes específicos para la reducción o supresión de la metanogénesis en estos rumiantes, como diversos antibióticos, ionóforos o compuestos naturales como los taninos, aunque estas medidas no parecen representar una medida eficaz ya que su acción es transitoria y los efectos secundarios considerables.

- *Correcta gestión de los residuos orgánicos*, a través del compostaje y la biometanización. Capturando el metano emitido mediante técnicas de lavado de gases. Utilización del biogás como fuente de energía renovable Aplicación del compost en los cultivos de la propia explotación, aumentando el contenido de materia orgánica de los suelos y mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Enfriamiento de los purines para reducir la actividad de la enzima ureasa. Normalmente se utilizan aguas subterráneas que discurren a través de un circuito cerrado para reducir la temperatura de los fosos.

Uso de cubiertas para reducir las emisiones y los olores en el almacenamiento. Las cubiertas pueden ser de tipo fijo (rígidas o flexibles) o bien de tipo flotante (costra natural, paja picada o arcillas expansivas). Nunca deben ser herméticas, con el fin de evitar la acumulación de gases como el metano, que supongan riesgo de explosión.

Separación mecánica de la parte sólida de la líquida utilizando sistemas de filtración (se obtienen líquidos con un 97% de reducción en materia seca).

Captura del metano emitido mediante técnicas de lavado de gases. Se llevan a cabo con la ayuda de equipos de depuración que se sitúan en las salidas de aire de los alojamientos. La depuración se realiza a través de un proceso biológico o químico aplicado sobre un filtro que realiza un lavado y una fijación del amoníaco del aire antes de que éste salga a la atmósfera.

Reducción de la superficie de emisión del purín (zona de intercambio entre la fase líquida y el aire). En principio las emisiones de amoníaco serán menores cuanto más reducida sea la superficie de suelo enrejillado y de foso.

La utilización de materiales lisos y no porosos para las rejillas (plásticos, elementos metálicos y hormigones tratados) puede favorecer el drenaje de las deyecciones y reducir las emisiones. Además facilitan las tareas de limpieza y ahorran agua y energía.

Cuanto mayor sea la frecuencia de retirada de purín, menores serán las emisiones producidas en el interior de los alojamientos.

Establecer los planes de gestión de estiércoles y purines procedentes de explotaciones agrícolas y ganaderas.

Separación de las aguas de lluvia evitando que pasen a formar parte de los purines.

Disminuir la generación de licuados y reducir los procesos de anaerobiosis espontáneos.

Para reducir las emisiones al aire en el almacenamiento del purín es importante disminuir la evaporación de gases desde la superficie. Se puede mantener un nivel



de evaporación bajo si la agitación del purín es mínima, lo que favorece la aparición de costra en su superficie que dificulta el escape de gases a la atmósfera.

17. Resumen del «Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre el tema «El cambio climático y la agricultura en Europa»

La agricultura es el sector económico que depende en mayor medida de las condiciones naturales (y, en consecuencia, del clima), y que las utiliza, modifica o configura.

Su principio reside en un uso sistemático de la energía solar mediante la fotosíntesis de las plantas para, de ese modo, obtener energía en forma de alimentos y piensos. La energía asociada a la fotosíntesis se ha utilizado también desde hace mucho tiempo como fuente de calor (por ejemplo, la biomasa en forma de madera).

Las condiciones climáticas existentes en Europa que hasta el presente han sido muy buenas para la agricultura constituyen un factor determinante para el sector, de múltiples facetas y estructurado de manera muy diversa. Esto significa también que una modificación de las condiciones deberá tener consecuencias en la agricultura y las estructuras regionales medioambientales, económicas y sociales vinculadas a ella.

La agricultura no se limita a ser víctima del cambio climático, sino que también contribuye a las emisiones de efecto invernadero; concretamente, se trata al respecto no de emisiones de CO₂, sino de metano y óxido nitroso, originadas por los cambios en la utilización del suelo y la propia producción agraria.

La agricultura puede aportar una importante contribución a la protección del clima, velando, por ejemplo, no sólo por mantener las reservas de carbono existentes en el suelo, sino también por aumentarlas mediante la formación sistemática de humus, reduciendo el consumo de energía y produciendo biomasa de manera ecológica y sostenible para usos energéticos.

Los cambios climáticos, en particular el previsible aumento de las temperaturas y, aún en mayor medida, la variación del volumen de las precipitaciones, afectarán a la agricultura de algunas regiones de Europa de manera devastadora.

Especialmente en Europa meridional, la falta persistente de lluvias, que podría convertirse en sequías con la consiguiente posibilidad de desertificación, hará probablemente imposible la producción agraria. Además, los incendios pueden afectar masivamente a las superficies agrarias (1). Catástrofes de gran magnitud amenazan la economía de estas regiones. Según todos los estudios científicos, el cambio climático incidirá en las plagas y enfermedades, las cuales reducirán de forma muy significativa los rendimientos de los cultivos más importantes para la alimentación.

La alteración en el ciclo vital de los patógenos dará lugar a:

- Cambios en la distribución geográfica de los patógenos.
- Cambios en la incidencia y severidad de las enfermedades.
- Modificación en la estrategia empleada para el control de enfermedades.

Por esta razón, es necesario hacer cuanto sea necesario para contener en el mínimo nivel posible la incidencia negativa en la agricultura gracias a un programa de protección



climática, global y de amplio alcance. Además, es indispensable acometer actuaciones destinadas a la adaptación de la actividad agraria al cambio climático. El sector agrario habrá de adaptarse de forma eficiente y rápida a las transformaciones y alteraciones que tendrán lugar en el clima, ya que del éxito o fracaso de estas acciones dependerá la continuidad de la actividad agraria.

La investigación y la innovación deben ser factores claves en la lucha contra el cambio climático. Entre las acciones de adaptación debe considerarse el fomento de nuevas especies y variedades vegetales más adaptadas al cambio climático. En este sentido, cobran especial relevancia los avances en la mejora genética del material vegetal y animal.

Las emisiones relacionadas directamente con la agricultura, con arreglo a la definición del IPCC, se sitúan entre el 10 % y el 12 %. La contribución global de la agricultura a las emisiones totales de efecto invernadero se estima entre 8 500 y 6 500 millones de toneladas de CO₂ eq., lo que corresponde a una cuota global de 17-32 %.

En el caso de Europa se calcula que el porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero es claramente menor que a escala mundial. Basándose en un método de cálculo utilizado por el IPCC, la Comisión menciona la cifra de 9 %.

Desde 1990 la agricultura pudo reducir un 20 % las emisiones en la UE-27, y un 11 % en la UE-15. No obstante, en el método de cálculo del IPCC no se tienen en cuenta las emisiones que se derivan de los cambios de la utilización del suelo ni de la energía consumida en la producción de fertilizantes y productos fitosanitarios o para el combustible que necesitan los tractores.

De ello resulta que, por ejemplo, la Comisión evalúa en un 6 % la cuota de la agricultura en las emisiones en Alemania y que, en cambio, el Gobierno federal le atribuye un valor comprendido entre el 11 y el 15 %, ya que en su evaluación incluye todas las emisiones originadas en las actividades agrarias.

Gases de efecto invernadero derivados de la producción agraria

El origen principal del óxido nitroso es el uso de abonos a base de nitrógeno, tanto sintéticos como orgánicos.

Siempre que se utilizan estos fertilizantes de manera intensiva existe el peligro de que las plantas no los absorban lo bastante rápidamente o de manera completa, con lo que el óxido nitroso sale a la atmósfera. Hasta la fecha la política medioambiental se fijaba sobre todo en la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, pero en la actualidad la problemática climática plantea un nuevo argumento para examinar de manera más crítica el debate en torno a los ciclos de los nutrientes.

Otra fuente de las emisiones de óxido nitroso, aunque menos importante, reside en la descomposición de la masa orgánica en los suelos, especialmente en campos de cultivo.

El metano que se deriva de las actividades agrarias procede en Europa principalmente de los rumiantes, en particular el ganado vacuno. La contaminación de metano a través de los rumiantes tiene una importancia cada vez mayor y las cabañas de ganado en continua expansión harán que este problema aumente cada vez más a escala mundial. Aunque en



Europa las cabañas ganaderas han disminuido en los últimos años, en este ámbito Europa es un importador neto.

En términos generales, el consumo de carne tiene importancia para el clima. La producción de una caloría de origen animal requiere alrededor de diez calorías de origen vegetal. Si aumenta el consumo de carne se deben producir más piensos, lo cual exige el uso de energía y hace crecer la presión de rendimiento sobre las superficies agrícolas. Con su consumo de carne comparativamente alto, Europa importa una gran cantidad de sus piensos, cuyo cultivo da origen a menudo a graves problemas (por ejemplo, la soja en las cuencas del Amazonas).

Además de la cantidad de carne producida, también tiene importancia el tipo de cría de ganado. La carne y la leche, por ejemplo, pueden lograrse con una explotación de pastos extensiva en energía en la que las vacas, durante el periodo de vegetación, utilicen los pastizales, cuya importancia para la protección del clima se había subestimado hasta la fecha. No obstante, la carne y la leche también pueden producirse en explotaciones que utilizan un alto aporte de energía, renuncian a los pastos y alimentan a sus animales principalmente con ensilado de maíz u otros forrajes de alto contenido energético.

La agricultura sólo contribuye en una pequeña parte a la producción neta de CO₂. Esto se debe principalmente a que en primer lugar las plantas absorben CO₂ y lo convierten en masa orgánica. Una vez utilizada la biomasa se libera de nuevo como CO₂, el carbono asociado a ella. Así pues, el ciclo del carbono es en buena medida cerrado.

Con arreglo al cuarto Informe de evaluación del IPCC (7) son sobre todo las emisiones de metano y óxido nitroso las que deben tenerse en cuenta en el ámbito de la agricultura desde el punto de vista de la política climática. La agricultura es responsable de alrededor del 40 % del conjunto de las emisiones de CH₄ y N₂O, y éstas son especialmente importantes para el clima. El potencial de efecto invernadero del óxido nitroso es aproximadamente 296 veces mayor y del metano cerca de 23 veces mayor que el del CO₂.

Agricultura y Energía

La ventaja de la agricultura, a saber, que la energía solar se transforma directamente en energía utilizable, va disminuyendo cuanto mayor sea la energía procedente de combustibles fósiles que se incorpore al proceso de producción o cuantos menos productos vegetales utilice el ser humano de manera directa y, en vez de ello, estos se «ennoblezcan» convertidos en productos animales.

Mientras que, por ejemplo, las explotaciones que funcionan con criterios ecológicos renuncian al uso de fertilizantes minerales y de productos fitosanitarios de origen industrial solubles en el agua, su utilización deteriora el balance climático y energético de la agricultura tradicional.

Algunos estudios comparativos sobre el consumo de materias primas y de energía en la agricultura y también sobre el almacenamiento de carbono demuestran que la agricultura ecológica requiere por término medio un aporte energético y de nitrógeno menor que el de la agricultura tradicional. Incluso si se cuenta con que la agricultura tradicional logra



en general mayores rendimientos, la agricultura ecológica muestra un potencial menor de emisiones de gases de efecto invernadero.

En Europa existe un gran potencial energético en la valorización de los residuos agrícolas y, por ejemplo, de la biomasa procedente de la conservación del paisaje, que actualmente sólo se aprovecha de manera limitada porque salen más rentable económicamente los cultivos específicos (con alta intensidad energética) destinados a la producción de energía. A este respecto se han dado hasta ahora señales erróneas en la política de fomento.

En el uso de la bioenergía debe prestarse atención a la máxima eficiencia. Por ejemplo, carece de sentido producir biogás del maíz cultivado con un alto consumo energético si el calor residual resultante de la producción de electricidad no encuentra ninguna salida. En ese caso, se desperdicia alrededor de 2/3 de la energía realmente obtenida

En un estudio realizado en 2006 por la Agencia Europea del Medio Ambiente se estudia el potencial que ofrece la biomasa producida de manera ecológica para fines energéticos en Europa. Si se incluye la biomasa procedente de los desechos (como la basura) y de la silvicultura, en 2030 podría satisfacerse entre el 15 % y el 16 % de las necesidades energéticas básicas previstas para la UE-25. De esta manera podrían garantizarse o crearse entre 500 000 y 600 000 puestos de trabajo en el medio rural.

La posibilidad de creación y el número de nuevos puestos de trabajo que conlleva la producción de bioenergías depende de manera decisiva de la elección de la estrategia.

No cabe duda de que el cambio climático amenaza, por un lado, a la agricultura en algunas partes de Europa, pero por otro lado ofrece una oportunidad para este sector y los trabajadores europeos si se toma en serio el papel de la agricultura y ésta desempeña la función que le corresponde en la reorientación de la política de lucha contra el cambio climático.

La contribución de la agricultura a la solución de los problemas del cambio climático

La agricultura puede aportar contribuciones de variada índole para emitir menos gases de efecto invernadero, como ya es el caso hoy en día. Entre ellas se cuentan, por ejemplo, las siguientes: renunciar a la conversión en tierras de cultivo de las superficies de bosques, pantanos, humedales y pastizales, así como reducir las emisiones de óxido nitroso y de metano gracias a un laboreo del suelo cuidadoso y, en la medida de lo posible, su cubrición permanente (cultivos intermedios), llevar a cabo la rotación de cultivos de varios componentes (por ejemplo, para minimizar los problemas de plagas), utilizar abonos adaptados, etc.

Durante largo tiempo el aporte energético apenas se consideró un problema, ya que se podía obtener con facilidad y de manera barata. Es muy necesario prestar en el futuro más atención a prácticas agrarias más eficientes energéticamente y fomentarlas de manera más intensa. En tal sentido, la agricultura ecológica y las denominadas producciones de bajos insumos (por ejemplo, el pastoreo extensivo) pueden realizar una contribución.



Se han obtenido numerosos resultados prometedores con los llamados «cultivos mixtos». Por ejemplo, en un mismo suelo se cultivan diversos tipos de cereales conjuntamente con leguminosas y plantas oleaginosas, lo que lleva a disminuir el uso de abonos y pesticidas, al tiempo que aumenta la biodiversidad y se favorece la formación de humus. La gestión del humus reviste una importancia decisiva para la protección del clima. Con vistas al futuro deberá intentarse alcanzar un nivel de humus lo más estable y elevado posible, sobre todo en las superficies cultivadas, lo cual requiere con frecuencia modificar la rotación de cultivos. También debería prestarse atención a la importancia que debería otorgarse a la gestión tradicional del estiércol.

Asimismo, deberá aclararse si lo que se denomina utilización integral de las plantas, prevista en el marco de la 2ª generación de biocombustibles, podría perjudicar los objetivos establecidos en materia de formación de humus.

En suma, existen cuatro hechos que en la agricultura son de especial relevancia para el clima:

- a) la conversión de bosques, pantanos, humedales o pastizales en tierras de cultivo.
- b) los gases de efecto invernadero que se derivan de las tierras y ganado utilizados con fines agrarios.
- c) el consumo energético de las explotaciones agrarias y en los sectores anteriores y posteriores de la cadena, en particular en forma de carburantes y combustibles fertilizantes minerales, pesticidas y otros procesos que exigen consumo energético
- d) la producción de biomasa con fines energéticos.

Considerada globalmente, la conversión de las superficies no utilizadas hasta la fecha con fines agrícolas en tierras para tales fines es de considerable importancia. Produce muchas más emisiones de gases que las derivadas de la producción agraria y de la energía que ésta consume. Toda conversión de una superficie en tierra de cultivo tiene como consecuencia la liberación de gases de efecto invernadero, ya que, a excepción de los desiertos y semidesiertos y de los terrenos construidos, la tierra de cultivo es la superficie que retiene una menor cantidad de carbono.

18. Resumen del Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre el tema «El papel de los bosques y el sector forestal en el cumplimiento de los compromisos de la UE en la lucha contra el cambio climático»

Los bosques y la madera renovable que éstos producen desempeñan un papel significativo en el control del cambio climático, ya que:

- al crecer, los bosques absorben el carbono de la atmósfera y lo almacenan en la biomasa y en el suelo;
- los productos derivados de la madera son un depósito de dióxido de carbono – durante este almacenamiento se retira el carbono de la atmósfera;
- la utilización de energía producida a partir de la madera reduce la dependencia respecto de los combustibles fósiles, disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero;
- la utilización de productos de la madera en la construcción y la fabricación de muebles reduce indirectamente las emisiones de los combustibles fósiles, al



sustituir a otros materiales como el hormigón, en cuya fabricación se consume más energía y se producen más emisiones que en la de la madera.

El CESE señala que la madera se utiliza principalmente en Europa en la construcción, como fuente de energía, en la fabricación de muebles y en la producción de papel. Dados los efectos de eslabonamiento de la cadena de transformación, los productos de la madera aportan un considerable valor añadido en términos de empleo, de rentas para los propietarios de bosques y de actividad económica, en particular en las zonas rurales.

Los bosques europeos han estado funcionando como sumideros de carbono, ya que su crecimiento anual ha sido superior a la tala, y de esta manera han contribuido a retrasar la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera.

Debe reconocerse la importancia de los bosques naturales como depósitos de carbono y reservas de biodiversidad. La gestión sostenible de los bosques en los países europeos se controla con la ayuda de unos criterios e indicadores que están en constante evolución.

El CESE hace hincapié en el hecho de que, desde hace ya varias décadas, los bosques europeos han estado funcionando como sumideros de carbono, ya que su crecimiento anual ha sido superior a la tala, y de esta manera han contribuido a retrasar la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera.

Debe reconocerse la importancia de los bosques naturales como depósitos de carbono y reservas de biodiversidad. La gestión sostenible de los bosques en los países europeos se controla con la ayuda de unos criterios e indicadores que, definidos por la MCPFE (1), están en constante evolución.

El CESE propone que la UE adopte las medidas siguientes:

- impulsar la utilización de la madera de diferentes maneras y para diferentes propósitos, fomentando, por ejemplo, el uso de la bioenergía forestal de producción sostenible, mejorando la información sobre el uso de la madera en la construcción sobre la base de cálculos del ciclo de vida y normas comunes de construcción, e instando a los Estados miembros a que la construcción con madera se incluya en las políticas nacionales de contratación pública en el ámbito maderero;
- mostrarse más activos que hasta el momento en la política forestal internacional y encabezar el fomento de la gestión sostenible de los bosques en todo el mundo;
- crear un comité europeo de expertos, compuesto por representantes de la industria forestal, responsables de orientar la política en este ámbito, investigadores, propietarios de bosque y otros agentes clave de los sectores forestal, medioambiental y climático. Su cometido será fomentar y ampliar el diálogo sobre temas forestales, y mejorar el intercambio de experiencias y la toma de decisiones;
- hacer todo lo posible para cumplir los requisitos relativos a la elaboración de informes sobre las emisiones de gases de efecto invernadero en el período posterior a Kioto, de la siguiente manera:
 - a) aceptación e integración del carbono almacenado en productos de madera fabricados según los principios de la gestión sostenible como un instrumento obligatorio en los cálculos de los equilibrios en carbono;



b) desarrollo del mecanismo REDD (1) como herramienta eficaz del comercio de emisiones de carbono y aceptación de aquel en los cálculos de los equilibrios en carbono

aplicados a los cambios en la utilización de los suelos, en particular con el objetivo de evitar la desaparición de bosques en los países en desarrollo;

- apoyar la investigación, los inventarios de reservas forestales, el cartografiado de áreas de riesgo sensibles a los efectos del cambio climático y el desarrollo de sistemas para supervisar la condición de los bosques y asegurar su financiación.

El CESE subraya que, de cara a los potenciales efectos negativos del cambio climático, los Estados miembros de la UE deberían desarrollar planes de intervención en materia de gestión forestal, para la prevención de los daños causados en los bosques por los fenómenos extremos (tormentas, sequías, incendios forestales, daños causados por los insectos) y para remediar los efectos de estos daños y aumentar la información sobre la importancia de la gestión del bosque.

El CESE recomienda que los Estados miembros de la UE también desarrollen la producción de bioenergía dispersa con la ayuda de precios de rescate garantizados.

El CESE hace hincapié en que, además de su importancia en materia de cambio climático, los bosques ejercen otras muchas funciones ecológicas, sociales y económicas de gran importancia que deben preservarse. Además de la producción de madera, los objetivos en materia forestal son: el mantenimiento de la biodiversidad forestal, la gestión de los recursos hidráulicos subterráneos, la gestión del paisaje, la utilización de los bosques a efectos de ocio y turismo, la función de pantalla contra el ruido del tráfico, la prevención de los aludes y de la erosión, y la producción no maderera, como las bayas, las setas y la caza.

A pesar de que contribuyen al bienestar, estas numerosas funciones adicionales de los bosques no quedan reflejadas en ningún cálculo de rentabilidad ni tampoco en el precio de la madera.

Los compromisos de la UE en el ámbito climático relacionados con los bosques y su explotación

En diciembre de 2008, el Parlamento Europeo aprobó un paquete comunitario denominado «Clima y energía». Las decisiones legislativas con consecuencias para los bosques y su explotación son las siguientes:

- Revisión de la Directiva europea sobre el comercio de derechos de emisión. Esta Directiva fija orientaciones relativas a la utilización de los suelos y los cambios en el uso al que están destinados, así como al sector forestal, para la elaboración de informes sobre los gases de efecto invernadero y el comercio de derechos de emisión. El carbono almacenado en los productos de madera y en los mismos bosques constituye un elemento importante en la elaboración de informes sobre los gases de efecto invernadero.
- El sector de la pasta de celulosa y el papel está incluido en el régimen de comercio de derechos de emisión, pero cumple los criterios que permiten contarlo entre las industrias expuestas a un riesgo de «fuga de carbono». Las decisiones relativas a estas industrias se adoptarán más tarde. El uso de la madera



como materia prima, a diferencia de la fabricación de la mayor parte de los demás materiales de construcción (hormigón, acero y aluminio) está incluido en el comercio de los derechos de emisión, por lo que el precio

- del carbono afecta a su competitividad. Esto confiere a dichos materiales una ventaja indirecta frente a los derivados de la madera y la construcción en madera.

La Directiva marco sobre energías renovables.

El objetivo de llegar a una cuota del 20 % de energías renovables en 2020 implica que es necesario aumentar considerablemente la bioenergía forestal (para calefacción, electricidad y biocarburantes).

Con el fin de intensificar la explotación del potencial de la biomasa, la Directiva fija como objetivo un uso aún mayor de los recursos madereros existentes y el desarrollo de nuevos métodos de gestión forestal. La Directiva contiene numerosos objetivos relacionados con la biomasa forestal producida de manera sostenible, así como con C 228/2 ES Diario Oficial de la Unión Europea 22.9.2009 el sector de la construcción. El objetivo es ahorrar energía y reducir las emisiones de carbono en el proceso de fabricación de materiales.

La Directiva sobre los combustibles destinados al transporte. Esta Directiva establece requisitos relativos a la biomasa producida de manera sostenible en la fabricación de los biocarburantes (incluida también, como un valor en falta, la biomasa forestal) en la fabricación de biocarburantes de conformidad con al marco estratégico de la Directiva sobre energías renovables.

Los bosques cubren un 31 % de la superficie terrestre europea y se considera que captan aproximadamente el 10 % de las emisiones anuales de dióxido de carbono en Europa.

En los bosques gestionados de manera sostenible, la cantidad de carbono liberada en la atmósfera es menor (sumideros de carbono) o igual (bosques neutros en carbono) al volumen de carbono captado desde la atmósfera por los bosques.

Los recursos forestales y su utilización en Europa

La Europa de los 27 suma 156 millones de hectáreas de zonas de bosque. No obstante, debido a las condiciones naturales, estas zonas de bosque no están enteramente disponibles para el cultivo de madera y su utilización comercial. Se considera que, por término medio, del 80 al 90 % de la zona forestal es accesible, pero en Europa Oriental esta cifra cae a menudo en torno al 40 o 50 % solamente. En los quince últimos años, la superficie de bosques aumentó en aproximadamente 10 millones de hectáreas en la Europa de los 27, como resultado de la reforestación y la repoblación de tierras antes agrícolas, así como de la reforestación natural. El incremento de la zona forestal tiene un tamaño equivalente a la superficie total de Hungría.

El 60 % de los bosques de la Europa de los 27 está en manos de propietarios privados, principalmente de familias, y el 40 % es público y pertenece principalmente al Estado, a los municipios, a comunidades religiosas o a otros organismos.



En total, hay más de quince millones de propietarios privados de bosques, y este número va en aumento como consecuencia de la reestructuración de la propiedad de los bosques en los países de la Europa Oriental, así como por distintos acuerdos vinculados a la división de las herencias.

Durante siglos, los bosques europeos han sido explotados de distinta manera, lo que ha modificado su estructura. En efecto, los bosques europeos transformados por la acción humana se describen como bosques «seminaturales». Un 85 % de los bosques corresponde al tipo «seminatural». Además de este tipo de bosque, la actividad forestal se practica también en forma de plantaciones. Los bosques de plantación, que se encuentran principalmente en el suroeste de Europa, representan el 8 % de las zonas madereras de Europa. Los bosques naturales

(3), donde el hombre no ha intervenido (es decir, el bosque y otros espacios forestales no sometidos a las actividades forestales) se sitúan principalmente en la Europa Oriental, en los países bálticos y en los países nórdicos, y representan el 5 % del área forestal.

Los bosques naturales y las zonas forestales protegidas son las categorías de bosque más importantes para proteger la biodiversidad. Además, los bosques naturales son ecosistemas estables que sirven para combatir los efectos del cambio climático.

El 8 % de los bosques europeos está protegido para la preservación de la biodiversidad, mientras que el 10 % lo está por razones de conservación del paisaje, lo que hace un total del 18 % (o 34 millones de hectáreas). El número de zonas protegidas por ley o por otras normativas ha aumentado en estos últimos años. En Europa, los bosques más peculiares y de mayor valor que necesitarían estar protegidos ya lo están, en su gran mayoría. Con frecuencia, los bosques protegidos se sitúan en zonas montañosas o lejos de las zonas habitadas, que son los espacios más valiosos –vírgenes de toda actividad humana – por lo que se refiere a la diversidad de sus especies. Además, el 10 % de los bosques se protegen para salvaguardar los sistemas hídricos, los recursos de aguas subterráneas y los suelos, y prevenir los riesgos de aludes o erosión. Asimismo, la biodiversidad se ve favorecida en el contexto de la gestión de los bosques comerciales dejando en el bosque árboles en descomposición y hábitats microorgánicos, a fin de preservar las especies poco comunes.

En Europa, el crecimiento forestal del bosque es superior a la tala, con un margen considerable. Las existencias de madera no taladas superaban en 2005 los 687 millones de m³ netos en la UE-27 (en aquellos bosques donde las condiciones naturales permiten recoger madera). De acuerdo con esta cifra, la explotación ascendía a 442 millones de m³, lo que significa que el nivel de explotación forestal –cociente entre tala y crecimiento– se acercaba al 60 % por término medio (entre el 30 y el 80 %).

Este nivel de explotación forestal sobrepasaba el 50 % en los Estados miembros del Norte y de Europa Central, y era inferior a este límite en Europa Meridional y en la Europa Sudoriental.

Este nivel de explotación forestal ha aumentado en los diez últimos años, pero aún no ha alcanzado su nivel de 1990. Las talas aumentaron en cierta medida debido a las graves tormentas de la primera década del nuevo milenio, lo que significa que en algunos lugares la madera se recogió en poco tiempo, con niveles equivalentes a los de varios años normales. En 2006, las importaciones de rollizos de madera, virutas y desechos a Europa (UE-27) ascendieron a 83 millones de m³ (sin contar el papel y la celulosa),



mientras que las exportaciones a países fuera de Europa alcanzaron los 54 millones de m³.

Casi el 40 % (unos 250 millones de m³) del crecimiento de los bosques comerciales existentes está inutilizado, y las talas son inferiores al crecimiento. Las existencias forestales de la UE de los 27 también registraron un crecimiento constante durante los últimos cincuenta años. Se calcula que el volumen total de madera no talada ronda los 30 000 millones de m³, lo que equivale a 9 800 000 millones de toneladas de carbono. Una parte del carbono captado por los árboles se almacena en el suelo, pero por falta de investigación en este ámbito no es posible, hoy por hoy, hacer una estimación global acerca del carbono fijado en los suelos en toda Europa. No obstante, por lo que respecta a la captación de carbono, existe una diferencia importante entre los bosques naturales y los bosques comerciales.

Desde el punto de vista de la lucha contra el cambio climático, los bosques naturales son, en «su estado final», meros depósitos de carbono, en los que la captación de carbono (debido al crecimiento de la biomasa) y la liberación de carbono (debido a la destrucción de la biomasa) se hallan en equilibrio, mientras que en los bosques comerciales, la tala continuada de madera crea nuevas capacidades adicionales de captación de carbono.

El CESE quiere dejar claro que con ello no está afirmando que, por esta razón, habría que considerar los bosques de uso comercial más valiosos que los bosques naturales.

Es importante examinar el potencial de los bosques europeos para el cultivo y otras utilidades, de modo que pueda entenderse y evaluarse la captación de carbono, la producción de bioenergía forestal y el ciclo del carbono vinculado a los productos de la madera. En la actualidad no contamos con un panorama coherente del potencial de tala para el conjunto de los 27 países de la UE. Varios países disponen de programas nacionales en materia forestal, que fijan distintas posibilidades de tala en función de las necesidades de protección del bosque, la biodiversidad y otras necesidades multifuncionales.

Las repercusiones del cambio climático en los bosques

Los bosques absorben el dióxido de carbono (CO₂) presente en la atmósfera por asimilación, y lo convierten en biomasa, esencialmente en forma de madera, al mismo tiempo que producen oxígeno, elemento vital para los animales y los seres humanos. El cambio climático, y en particular el incremento del volumen de gases de efecto invernadero en la atmósfera, así como el aumento de las temperaturas, la cantidad de ozono en la superficie del globo, los depósitos de nitrógeno y la acidificación de los suelos, suponen un riesgo inmediato o tras un determinado plazo de tiempo para la salud, el crecimiento y la estructura de los bosques.

El cambio climático afecta a los bosques de dos maneras. Si el clima se vuelve progresivamente más cálido o más seco, por ejemplo, los árboles deben adaptarse al cambio. Esta adaptación es progresiva y es posible planificar las medidas susceptibles de influir en ella. Las amenazas directas de mayor gravedad para el desarrollo de los bosques vienen de los fenómenos meteorológicos extremos. Las series cronológicas recogidas desde 1850 muestran un aumento claro de los daños debidos a las tormentas en los veinte últimos años en Europa. Del mismo modo, en los diez últimos años los



incendios forestales han sido numerosos en los países mediterráneos. Es imposible prever con precisión los fenómenos meteorológicos extremos, pero sí es posible prepararse recurriendo a la previsión.

Si los actuales bosques comerciales no se adaptan suficientemente a un cambio climático gradual, las consecuencias serán, entre otras, un debilitamiento de la vitalidad de los árboles, una reducción de la productividad, la muerte de algunos árboles, una menor capacidad de resistencia de éstos y un aumento consiguiente de las enfermedades y parásitos, así como una modificación en la distribución de las especies de árboles en los bosques. Existe también el riesgo de que los árboles no se adapten en las regiones del Norte, ya que su índice de crecimiento está cambiando por la larga duración de la temporada de crecimiento, y por el hecho de que no se adapten suficientemente al periodo de reposo, es decir, el invierno. En el caso de fenómenos meteorológicos extremos, como las sequías, los incendios forestales, las tormentas o los daños debidos a la nieve, los árboles pueden morir en un radio extenso, la repoblación puede impedirse y los árboles muertos pueden causar una propagación masiva de parásitos forestales, incluso en los bosques sanos situados a su alrededor.

El cambio climático afecta de varias maneras a zonas de vegetación diferentes. Cabe esperar que las principales consecuencias en las distintas zonas de vegetación y los distintos países (zonas nórdicas, zona templada, zona de vegetación mediterránea y zonas alpinas y polares) y en los distintos países sean las siguientes:

- en la región mediterránea, es probable que aumenten los períodos secos y cálidos, con escasez de agua dulce y un mayor riesgo de incendios forestales y desertificación;
- en Europa Central se alargará la duración de la temporada de crecimiento; el crecimiento de los bosques puede aumentar, y probablemente también la frondosidad; el volumen de las precipitaciones podría bajar, causando sequías; los fenómenos climáticos extremos, y, en particular, los daños debidos a las tormentas, serán más frecuentes;
- la temporada de crecimiento en la zona septentrional de coníferas podría alargarse; el crecimiento de los bosques puede aumentar; los perjuicios debidos a las tormentas serán
- más frecuentes; por último, en las zonas templadas, se estima que los parásitos se trasladarán hacia el norte, lo que podría causar daños a gran escala.

El cambio climático también podría tener como consecuencia un desplazamiento hacia arriba –hacia el norte– del límite de la vegetación arbórea, o a la extinción progresiva de algunas especies forestales en las zonas alpinas y las áreas de este límite de vegetación arbórea en las regiones septentrionales y polares.

La gestión forestal en la adaptación al cambio climático

Una buena gestión del bosque es la principal manera de mejorar la capacidad de adaptación de los bosques al cambio climático. Medidas preventivas, como reconocer eliminar a tiempo los árboles moribundos, o reducir al mínimo aquellos materiales que pueden provocar incendios forestales, forman parte de la gestión del bosque. Conviene



sensibilizar más a la opinión pública, a los propietarios de bosques y a los responsables de la gestión forestal, sobre la importancia que reviste la gestión forestal para su adaptación al cambio climático. La mayoría de los bosques de la UE se gestionan continuamente, con una elevada productividad y viabilidad. De ahora en adelante, ininterrumpidamente, se deberán adoptar posibles medidas de adaptación, pues el sector forestal requiere una perspectiva a largo plazo, ya que los ciclos de vida se extienden normalmente entre 15 y 150 años.

Por lo que se refiere a la regeneración forestal, deben plantarse las especies de árboles mejor adaptadas a cada localidad.

Deberían favorecerse las especies autóctonas ya que, debido a su composición genética, se adaptan mejor a los cambios climáticos locales. Asimismo, debería darse prioridad a los bosques mixtos, ya que la presencia de distintos tipos de árboles con propiedades diversas permite disminuir los riesgos.

En los bosques de coníferas de una única especie creados fuera de su zona de crecimiento natural, deberían hacerse esfuerzos para modificar la composición del bosque, para que ésta se asemeje a la distribución original de las especies de árboles.

Los bosques de plantación con una sola especie suelen presentar una resistencia más baja que los bosques mezclados a las tormentas y a los ataques de insectos que tienen frecuentemente lugar tras éstas.

Deben establecerse planes de intervención en materia de gestión forestal, posibilidades de financiación para cubrir los posibles daños y modelos operativos, de modo que este sector esté preparado para los efectos dañinos de las perturbaciones climáticas súbitas y extremas causadas por el cambio climático, así como para los daños que éstas causan a los bosques. Los ámbitos de especial riesgo como consecuencia de estas condiciones climáticas extremas deben cartografiarse. También deben construirse modelos operativos para hacer frente a los súbitos incrementos en las talas de árboles y para garantizar el buen funcionamiento de los mercados madereros.

El cambio climático y el comercio internacional de productos vegetales aumentan la difusión de especies extranjeras y parásitos vegetales. La Directiva comunitaria para la protección de la flora contiene disposiciones relativas al control de los parásitos vegetales nocivos y la prevención de la difusión de estos parásitos y establece requisitos para el comercio internacional de madera y semillas. Con el fin de evitar la difusión de los parásitos madereros más peligrosos (como el nematodo del pino), y con el fin de conservar la salud de los bosques, las regiones de la UE necesitan normativas de protección de la flora suficientemente estrictas, así como controles eficaces. Se requieren estrategias y programas nacionales para luchar contra las especies extranjeras invasoras.

Gestionar los bosques y la biodiversidad no deben ser incompatibles. La biodiversidad debería tenerse en cuenta en la gestión del bosque seminatural de uso comercial, dejando árboles en descomposición y microbiotopos en los bosques comerciales, para preservar los organismos vivos. Varios Estados miembros de la UE conceden, como medida de fomento de la biodiversidad, ayudas financieras a propietarios de bosques privados, que se encargan de protegerlos voluntariamente. Asimismo, los sistemas de certificación forestal requieren que los criterios de biodiversidad del bosque se tengan en cuenta en la gestión forestal.



Actualmente, los bosques comerciales de Europa contienen una gran cantidad de madera en descomposición, en pie o talada, que almacena carbono al mismo tiempo que ofrece un entorno vital necesario a los organismos vivos. El volumen medio de madera en descomposición es de 10 m³ /ha. La presencia de grandes cantidades de esta madera en descomposición puede facilitar la propagación masiva de parásitos de la madera o de inmensos incendios forestales. No obstante, las ventajas en términos de biodiversidad son considerables, por lo que es importante que la madera en descomposición que ya se encuentra en los bosques no se retire de su espacio, por ejemplo, para quemarla como combustible.

Los bosques naturales y las zonas forestales protegidas son necesarios para preservar la biodiversidad. Por lo que se refiere a la captación de carbono, los bosques naturales pasan, a lo largo de su ciclo de vida, de actuar como sumideros de carbono a convertirse en depósitos de carbono. No obstante, el paso de la gestión activa de los bosques a su completa protección reduce la superficie necesaria para el crecimiento de árboles, superficie que permitiría aumentar el volumen de carbono almacenado en los bosques y, en particular, podría ofrecer una fuente de productos madereros que compensaría otras modalidades energéticas y otros materiales.

En la lucha contra el cambio climático, la protección integrada (árboles en descomposición y microbiotopos) en el contexto de la gestión comercial de los bosques resulta más eficaz que la protección global de los bosques.

El papel de los productos madereros en el control del cambio climático

Durante la cadena de crecimiento y transformación, los bosques influyen en el cambio climático de cuatro maneras:

- al crecer, los bosques absorben el carbono de la atmósfera y lo almacenan en la biomasa y en el suelo;
- los productos de la madera son un depósito de dióxido de carbono;
- la utilización de madera para la producción de energía reduce la dependencia de los combustibles fósiles, disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero;
- la utilización de productos de la madera en la construcción y los muebles, entre otras cosas, reduce indirectamente las emisiones de los combustibles fósiles, al sustituir a otros materiales como el hormigón, en cuya fabricación se consume más energía y se producen más emisiones que en la de la madera.

Desde hace ya varias décadas, los bosques europeos han estado funcionando como sumideros de carbono, ya que su crecimiento anual ha sido superior a la tala, y de esta manera han retrasado la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera. No obstante, en los bosques comerciales esto no es posible de manera indefinida, ya que, cuando los árboles alcanzan su techo de crecimiento, los bosques dejan de almacenar el carbono. Por este motivo, los bosques de uso comercial deben gestionarse continuamente.

Los efectos compensadores del uso de productos forestales recogidos (PFR) son importantes para limitar el cambio climático. Procedente de la atmósfera, el carbón es



captado en la madera forestal, y después se transfiere y queda almacenado en productos madereros como el papel, los muebles, los paneles y los edificios de madera. De esta manera, se retira de la atmósfera, por ejemplo en forma de una casa de madera, durante varios siglos. Al final de su ciclo de vida, los productos de la madera pueden reciclarse y quemarse para producir energía. En el sistema de cálculo de los gases de efecto invernadero instaurado por el protocolo de Kioto, la declaración del carbono para los productos madereros es voluntaria; por tanto, esta declaración sigue siendo incompleta, en parte porque no se tienen en cuenta los intercambios internacionales.

Las bases de datos actuales, nacionales o internacionales, permiten calcular la capacidad de almacenamiento del carbono de los productos madereros. Se están desarrollando criterios de cálculo, con el propósito de utilizarlos en los cálculos de los equilibrios en carbono de los bosques. La UE debería presentar una propuesta en la Conferencia sobre el Clima de Copenhague de 2009 en el sentido de que la declaración sobre los volúmenes de carbono almacenados en los productos madereros se incluya de manera obligatoria en los cálculos sobre los equilibrios en carbono en el período post-Kioto a partir de 2012.

La integración de la capacidad de los productos madereros para capturar el carbono en el cálculo de los equilibrios en este ámbito podría ofrecer al sector forestal un incentivo adicional para administrar los bosques de una manera más eficaz y más respetuosa con el medio ambiente. Una gestión forestal continuada es de gran importancia para preservar la viabilidad de los bosques ante los efectos negativos del cambio climático.

El uso de la madera en la construcción

El sector de la construcción desempeña un papel muy importante en la lucha contra el cambio climático, ya que entre un 40 y un 50 % de la energía primaria del mundo se utiliza para calentar y refrigerar los edificios. Se considera que casi un 40 % de las emisiones de CO₂ procede de la fabricación de los materiales de construcción, de la actividad de la construcción y la utilización de los edificios.

En 2005 en la UE-27 se emitieron en total 1 170,2 millones de toneladas, el 28 % de las cuales en la industria, el 30,9 % en el transporte y el 41,1 % en los hogares. La calefacción y la refrigeración de los edificios son responsables del 8 % de las emisiones de CO₂. Podría evitarse una notable proporción de estas emisiones a través de la construcción profesional y de nuevas técnicas, así como aumentando la proporción de la madera que se utiliza en la construcción.

La madera es un material de construcción de bajo consumo energético, renovable y neutro en carbono durante todo su ciclo de vida. Ningún otro material de construcción clásico requiere, para su producción, tan poca energía como la madera.

Utilizar un metro cúbico de madera como sustituto de otros materiales de construcción reduce por término medio las emisiones de CO₂ en la atmósfera en 1,1 tonelada.

La difusión más amplia de la construcción de edificios de madera en el mundo, y la utilización de la madera en la construcción, se ven limitadas por la falta de normas, directrices y criterios de certificación uniformes. El sector de la construcción debería tener a su disposición análisis del ciclo de vida y de las emisiones de gases de efecto invernadero de los productos, a partir de cálculos científicos, para poder comparar



distintos materiales de manera imparcial. Los Gobiernos de los Estados miembros deberían integrar los materiales de «construcción ecológica» de madera en las políticas de suministro de madera, y aplicar condiciones en materia de certificación de los bosques compatibles con el concepto internacional de desarrollo sostenible, de manera más general.

La bioenergía forestal

La biomasa forestal es el principal recurso bioenergético renovable disponible de manera inmediata en Europa, y se usa como energía de tres modos diferentes:

- para la producción de calor y vapor industrial;
- para la generación de electricidad;
- como biocombustible del transporte.

La producción de calor y electricidad y la producción combinada de calor y electricidad de la biomasa forestal han crecido rápidamente en Europa en los últimos años. La producción de calor y electricidad se destina a viviendas individuales aisladas, así como a escuelas, instancias públicas, hospitales, pueblos o ciudades, a través de instalaciones generadoras de calor, o de plantas generadoras de calor y electricidad de diversos tamaños.

Las tecnologías de producción de biocombustible a partir de la biomasa forestal y la materia prima de la madera están todavía en fase de prueba y desarrollo, y se necesitan aún nuevas inversiones.

La pirólisis de la biomasa, que produce un carbón vegetal utilizable como material para la mejora del suelo, brinda una nueva oportunidad para mejorar los valores energéticos de la madera y la eficacia del suelo como sumidero de carbono.

En 2006, la energía producida en la UE-25 a partir de fuentes de energía renovables ascendía a 110 millones de toneladas equivalente petróleo (TEPES), lo que representa el 14 % de la utilización total de energía (Eurostat 2008). La mayor parte de la energía renovable (65 %) se producía a partir de la biomasa, principalmente (60 %) de procedencia forestal. La cuota de la energía forestal en el consumo total de energía varía ampliamente en cada uno de los 27 Estados miembros.

Entre los biocombustibles de madera que se pueden obtener a partir de los bosques figuran virutas de madera de distintas clases, leños, gránulos, briquetas, tocones y raíces, carbón vegetal, gas resultante de la combustión de la madera y especies de árboles como el sauce, que son fuentes de energía en rápido crecimiento. Los subproductos del sector forestal (licores y residuos de madera procedente de la industria en forma de licor negro, cortezas, serrines, valorización de los residuos y madera reciclada) ofrecen un potencial energético considerable y se utilizan en la producción de calor y energía, en particular en el marco de una industria forestal integrada. La utilización de los subproductos y de la madera reciclada con fines energéticos podría representar entre un 30 y un 50 % de la utilización de madera bruta.

Dado el nivel actual, existe en Europa margen para ampliar considerablemente la utilización de la bioenergía forestal.



Las estimaciones preliminares sitúan el potencial de cosecha de la biomasa forestal en los bosques europeos entre 100 y 200 millones de metros cúbicos al año, en condiciones en las que la cosecha no constituye una amenaza para el medio ambiente, la biodiversidad del bosque ni las zonas protegidas. Actualmente, se considera que el volumen de biomasa forestal recogida separadamente y en el marco de la cosecha de madera de tronco se sitúa entre el 10 y el 15 % del potencial de cosecha.

Un mayor uso de la biomasa forestal brindaría nuevas oportunidades, no sólo para los propietarios de los bosques, con la apertura a un mercado maderero más importante y una mayor competencia de los precios, sino también para la industria de las serrerías, ofreciéndoles un mayor mercado para sus productos derivados. Una importante demanda en biomasa forestal podría dar lugar a cambios en el mercado de la madera bruta, lo que se traduciría en una mayor competencia de las materias primas madereras entre el sector de la bioenergía y las industrias que utilizan la madera de tronco. Las ayudas a los usuarios finales, es decir, los precios de rescate garantizados para la producción de energía ecológica, constituyen un instrumento importante para desarrollar distintas clases de estrategias en materia de bioenergía a nivel local y regional. La ayuda al desarrollo regional de la UE debería seguir siendo un elemento clave de cara a una mayor utilización de la bioenergía.

Los mercados de combustibles a partir de la madera y, en particular, de la madera de calefacción son principalmente locales, pero un aumento de la explotación y la utilización de la madera con fines energéticos en la UE incrementaría considerablemente el volumen de los intercambios y el empleo en los sectores de la maquinaria y el equipamiento. La producción de gránulos de aserrín, briquetas y otros combustibles transformados a base de madera requiere también la utilización de máquinas y equipos especiales. La producción de energía requiere una cantidad considerable de calderas y otros equipamientos que revisten un gran valor económico y un importante potencial de crecimiento. El aumento de la utilización energética de la madera ofrecería importantes posibilidades para exportar tecnologías más allá de la UE.

Los trabajos para la armonización de las normas en materia de producción sostenible de biomasa están en curso, asociados a la Directiva marco de la UE sobre las energías renovables. Estas normas son importantes para garantizar mercados y una producción sostenible de bioenergía forestal, así como unos procedimientos comunes. Las normas en materia de biomasa forestal producida de manera sostenible deben estar vinculadas a los criterios europeos del MCPFE, para evitar actividades inútiles o por partida doble.

Aspectos de política forestal

La creación de nuevos bosques a través de la plantación es una de las maneras más eficaces de eliminar el carbono de la atmósfera. La UE debería apoyar los proyectos destinados a crear bosques en los países en desarrollo como parte integral de su política de desarrollo, ya que el cambio climático conllevará con toda probabilidad una disparidad económica cada vez mayor entre los países industriales y el mundo en desarrollo.

Los proyectos de plantación deberían ir acompañados por estrategias de adaptación que contribuyan al desarrollo de capacidades, el uso multifuncional de los bosques y la buena



gobernanza en los países en desarrollo. Asimismo, la UE debería actuar en relación con las talas ilegales en los países en desarrollo, el fomento de la gestión forestal sostenible y el asesoramiento a los países en desarrollo para establecer programas forestales nacionales, en colaboración con otros sectores.

Los cálculos de equilibrio en materia de carbono del Protocolo de Kioto, que reflejan el cambio en el uso de los suelos, no incluyen disposiciones específicas para los países en desarrollo que permitan tener en cuenta la reducción de las emisiones de dióxido de carbono que se consigue al evitar la pérdida de bosques. Un bosque que desaparece aumenta las emisiones de dióxido de carbono, y la UE debería apoyar el desarrollo y la adopción del instrumento REDD para que en el período post-Kioto, a partir de 2012, se utilice en los cálculos de los gases de efecto invernadero ocasionados por la utilización de los suelos. Ello requiere fijar un precio que refleje el valor del carbono acumulado, de modo que los Estados miembros puedan utilizar el comercio de emisiones para ejercer una influencia a la hora de evitar las pérdidas de bosque tropical.

La UE ha desarrollado un procedimiento denominado FLEGT para impedir la venta en los mercados comunitarios de madera talada ilegalmente, así como de sus productos derivados.

Por medio de un sistema de asociación específico para cada país, el sistema de licencias FLEGT fomenta y apoya la gestión forestal sostenible en los países en desarrollo e invita a los Estados miembros y a estos países a trabajar juntos de manera más estrecha. La UE debería apoyar el desarrollo del sistema FLEGT y extenderlo al resto del mundo. Impedir las talas ilegales retrasaría el ritmo de desaparición del bosque tropical y el aumento de las emisiones de dióxido de carbono que ésta provoca. Los sistemas de certificación forestal voluntarios, como el PEFC y el FSC, también van destinados a reducir las talas ilegales.

A través de acuerdos y organizaciones internacionales como el Comité de la Madera de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, la Comisión Europea de los bosques de la FAO, EUROSTAT y la Conferencia Ministerial para la Protección de los Bosques en Europa (MCPFE), ya se recaban datos acerca de los recursos forestales europeos, el carbono captado, el ciclo del carbono, la diversidad de los bosques, así como de sus productos y sus efectos protectores.

No obstante, es urgente disponer de nuevos conocimientos e investigaciones. Para desarrollar los sistemas de control comunitarios, como el nuevo proyecto europeo FutMon (Forest Control System), conviene utilizar los sistemas de control nacionales, paneuropeos y mundiales, tanto existentes como en fase de desarrollo, y se debe garantizar a los propietarios una protección total de los datos en el tratamiento o la publicación de la información. La UE ha de utilizar sus programas marco de investigación para apoyar el estudio en estos ámbitos y facilitar la transferencia de datos a través de investigaciones básicas y aplicadas, así como proyectos de desarrollo.

