



CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE
MEIO AMBIENTE E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Relatório do IPCC/ONU

Divulgado em Paris, 02/02/07

Novos Cenários Climáticos

→ Português

→ Inglês

Versão em Português: Iniciativa da Ecolatina
www.ecolatina.com.br

Coordenação:



PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA

MUDANÇA CLIMÁTICA 2007: A BASE DA CIÊNCIA FÍSICA

RESUMO PARA OS ELABORADORES DA POLÍTICA

Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática.

Este relatório para os elaboradores da política foi formalmente aprovado na décima sessão do grupo de trabalho I do IPCC, em Paris, em fevereiro de 2007.

Observação:

Os textos, as tabelas e as figuras aqui mostradas são finais, mas estão sujeitas à checagem, edição de cópias e aos ajustes de edição no que se refere às figuras.

INTRODUÇÃO:

A contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quarto relatório de Avaliação do IPCC descreve o progresso do entendimento dos fatores humanos e naturais na mudança climática¹. Observou as mudanças climáticas, atribuições e processos climáticos e estimou mudanças climáticas futuras. As contribuições foram baseadas em avaliações prévias feitas pelo IPCC juntamente com novos descobrimentos referentes aos últimos seis anos de pesquisa que foram incorporados. O progresso científico desde o TAR (Terceiro Relatório de Avaliação) tem como base uma grande quantidade de dados novos e mais compreensíveis, uma análise de dados mais sofisticada, uma melhora no entendimento dos processos e suas simulações em modelos e uma exploração mais extensa de faixas incertas.

A base para os parágrafos deste relatório, para os elaboradores de política, pode ser encontrada nas sessões dos capítulos especificadas em colchetes.

OS FATORES NATURAIS E HUMANOS NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mudanças na atmosfera da quantidade de gás causador do efeito estufa e aerossol, mudanças da radiação solar e na propriedade da superfície da terra alteram o equilíbrio energético do sistema climático. Estas mudanças são expressas como uma força radioativa² que é usada para comparar como uma gama de fatores humanos e naturais influencia o aquecimento ou esfriamento do clima global. Desde o TAR (Terceiro Relatório de Avaliação), novas observações relacionadas à emissão do gás estufa, à atividade solar, à propriedade da superfície da terra e a alguns aspectos do aerossol têm levado a melhorias na estimativa quantitativa da força radioativa.

A concentração de dióxido de carbono, de gás metano e de óxido nitroso na atmosfera global tem aumentado marcadamente como resultado de atividades humanas desde de 1750, e agora já ultrapassou em muito os valores da pré-industrialização determinados através de núcleos de gelo que estendem por centenas de anos (veja fig. SPM-1). O aumento global da concentração de dióxido de carbono ocorre principalmente devido ao uso de combustível fóssil e a mudança no uso do solo, enquanto o aumento da concentração de gás metano e de óxido nitroso ocorre principalmente devido à agricultura.

- O dióxido de carbono é o mais importante gás estufa antropogênico (veja fig. SPM-2). A concentração global de dióxido de carbono tem crescido desde a época pré-industrial que era em torno de 280 ppm para 379 ppm³ em 2005. A concentração de dióxido de carbono na atmosfera excedeu em muito a faixa natural durante dos últimos 650.000 anos (180 à 300ppm) determinado através de núcleos de gelo. A taxa anual de crescimento da concentração de dióxido de carbono foi maior nos últimos dez anos (1995-2005 média: 1,9 ppm por ano) do que foi desde o começo da medição contínua e direta da atmosfera (1960-2005 média: 1,4 ppm por ano) apesar de existir variações de crescimento de um ano para outro.

-A principal fonte para o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera desde o período pré-industrial é o resultado do uso de combustível fóssil. A mudança do uso do solo é outra razão significativa para o aumento da concentração, porém tem menor contribuição para este aumento. A emissão de dióxido de carbono anual ⁴ aumentou em uma media de 6,4 [6,0 para 6,8]⁵ GtC

Notas de rodapé

- 1- Mudança climática no uso do IPCC refere-se a qualquer mudança no clima durante um período de tempo, independente se for uma variação natural ou o resultado de uma atividade humana. Este uso difere de aquele no - Framework Convention on Climate Change – onde a mudança climática refere a uma variação do clima que é atribuída diretamente ou indiretamente às atividades humanas que alteram a composição da atmosfera global, e também a variação natural de clima observada durante períodos de tempo comparáveis.
- 2- A força radioativa mede a influência que um fator tem para alterar o equilíbrio da energia que entra e sai do sistema atmosférico terrestre e também é um medidor da importância deste fator como um potencial mecanismo na mudança climática. A força positiva tende a aquecer a superfície enquanto a força negativa tende a esfriá-la. Neste relatório, os valores da força radioativa são de 2005 relativas às condições pré-industriais definidas em 1750 e são expressas em watts por metro quadrado (Wm²). Veja o glossário e a sessão 2.2 para maiores detalhes.
- 3- Ppm (partes por milhão) ou ppb (partes por bilhão 1 bilhão = 1.000milhões) é o quociente do numero de moléculas do gás estufa e o numero total de moléculas de ar seco. Por exemplo, 300ppm significa 300 moléculas de gás estufa por milhão de moléculas de ar seco.
- 4- Emissão de dióxido de carbono fóssil inclui todas aquelas emitidas devido à produção, distribuição e consumo de combustível fóssil como também subprodutos na produção de cimento. Uma emissão de 1GtC corresponde a 3.67GtCO₂
- 5- Em geral a porcentagem de incerteza dos intervalos dos resultados dados neste relatório são de 90% a menos que seja afirmado o contrário. Por exemplo, há uma estimativa de 5% de probabilidade que o valor pode estar acima do intervalo dado entre os colchetes e 5% de probabilidade que o valor esteja abaixo do intervalo. As melhores estimativas são dadas quando disponíveis. Os intervalos incertos avaliados nem sempre são simétricos com relação a melhor estimativa correspondente. Observe que várias faixas incertas no trabalho do grupo I TAR – Terceiro Relatório de Avaliação – correspondem a 2 sigmas (95%), freqüentemente usando um julgamento apropriado.

(23.5 [22.0 para 25.0] GtCO₂ por ano na década de 1990, para 7.2 [6.9 para 7.5] GtC (26.4 [25.3 para 27.5] GtCO₂ por ano em 2000-2005 (os dados de 2004 e 2005 são estimativas provisórias). A emissão de dióxido de carbono associada com a mudança do uso do solo são estimadas em ser 1.6 [0.5 para 2.7] GtC (5.9 [1.8 para 9.9] GtCO₂) por ano durante a década de 1990, embora estas estimativas tenham uma grande incerteza.

-A concentração de gás metano na atmosfera global aumentou de um valor do período pré-industrial de cerca de 715 ppb para 1732 no começo da década de 1990, e está em 1774 ppb em 2005. A concentração de gás metano em 2005 excedeu em muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos (320 para 790 ppb) como determinado através de núcleos de gelo. A taxa de crescimento tem declinado desde o começo da década de 1990, consistente com o total de emissões (quantidade total de fontes naturais e antropogênicas), sendo quase constante durante este período. É muito provável⁶ que o aumento observado da concentração de gás metano é devido às atividades antropogênicas, predominantemente a agricultura e o uso de combustível fóssil, mas contribuições relativas a diferentes tipos de fontes não estão bem determinadas. {2.3, 7.4}

-A concentração de óxido nitroso na atmosfera global aumentou de um valor do período pré-industrial de cerca de 270 ppb para 319 ppb em 2005. A taxa de crescimento tem sido aproximadamente constante desde 1980. Mais de um terço de toda a emissão de óxido nítrico são antropogênicas e principalmente devido à agricultura.

O entendimento com relação às influências antropogênicas de aquecimento e resfriamento tem melhorado desde o TAR – Terceiro Relatório de Avaliação – levando a uma confiança⁷ muito maior de que a média global líquida do efeito das atividades humanas, desde 1750, tem sido na direção do aquecimento, com força radioativa de +1.6[+0.6 para +2.4] Wm² (veja figura SPM-2). {2.3, 6.5, 2.9}

- A força radioativa combinada devido ao aumento de dióxido de carbono, de gás metano e de óxido nítrico é +2.30 [+2.07 para +2.53] Wm² e sua taxa de crescimento durante a era industrial tem sido sem precedentes em mais de 10.000 anos (veja figura SPM-1 e SPM-2). A força radioativa de dióxido de carbono aumentou em 20% de 1995 até 2005, a maior mudança percebida em qualquer outra década em pelo menos 200 anos. {2.3, 6.4}
- As contribuições antropogênicas para o aerosol (principalmente sulfato, carbono orgânico, carbono negro, nitrato e poeira) juntos produzem um efeito de resfriamento, com uma força radioativa direta de -0.5[-0.9 para -0.1] Wm² e uma força indireta de nuvem de albedo de -0.7 [-1.8 para -0.3]Wm². Estas forças são entendidas melhor agora do que da época do Terceiro Relatório de Avaliação – TAR – devido à melhora *in situ*, satélites e medições feitas no solo e o aperfeiçoamento dos modelos, mas a incerteza ainda permanece dominante na força radioativa. Aerosol também influencia o tempo de vida de uma nuvem e sua precipitação. {2.4,2.9,7.5}
- Contribuições antropogênicas significativas para a força radioativa vêm de várias outras fontes. Mudanças no ozônio troposférico devido às emissões do ozônio formado por químicos (óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos contribuem +0.35[+0.25 para 0.65] Wm². A força radioativa direta devido a mudanças nos halocarbonos⁸ é +0.34[+0.31 para +0.37] Wm². Mudanças na superfície de albedo, devido à mudança na cobertura do solo e depósitos de aerosol de carbono negro na neve, exercem forças respeitáveis de -0.2 [-0.4 para 0.0] e +0.1 [0.0 para +0.2]Wm². Termos adicionais menores que +-0.1Wm² são mostrados na figura SPM-2. {2.3,2.5,7.5}
- Mudanças na radiação solar desde de 1750 são estimadas em causar uma força radioativa de +0.12 [+0.66 para 0.30]Wm², a qual é menos da metade estimada no TAR. {2.7}

Notas de rodapé

6-Neste resumo para os elaboradores de políticas, o seguinte termo tem sido usado para indicar a probabilidade avaliada, usando um julgamento apropriado, de um resultado: Virtualmente certo > 99% de probabilidade de ocorrência, extremamente provável >95%, muito provável > 90%, provável >66%, mais provável que não > 50%, improvável < 33%, muito improvável < 10%, extremamente improvável < 5%. (veja caixa TS 1.1 para maiores informações)

7- Neste resumo para os elaboradores de políticas, o seguinte termo para confiança tem sido usado para expressar os julgamentos apropriados com relação ao que está correto na ciência em questão: confiança muito alta pelo menos 9 em dez são as chances de estar correto, confiança alta, oito em dez são as chances de estar correto. (veja caixa TS 1.1)

8- A força radioativa do halocarbono foi recentemente avaliada com detalhes no IPCC – Relatório Especial sobre a Proteção da camada de Ozônio e o Sistema Climático Global (2005).

Observações diretas das recentes mudanças climáticas

Desde o TAR – Terceiro Relatório de Avaliação – o progresso no entendimento de como o clima está mudando no tempo e no espaço tem sido conseguido através de melhorias e de aumentos no banco de dados e análises, de maior cobertura geográfica, do melhor entendimento das incertezas e da maior variedade para fazer medições. O aumento de observações mais compreensíveis no que se refere às geleiras e calotas de neve desde a década de 1960, e com relação ao nível dos mares e das camadas de gelo desde a última década. Entretanto, em algumas regiões a cobertura dos dados permanece limitada.

O aquecimento do sistema climático não é um equívoco, sendo agora evidente de acordo com as observações de aumento global do ar e das temperaturas dos oceanos, derretimento de gelo e neve em larga escala, e aumento global do nível dos oceanos. (veja figura SPM-3). {3.2,4.2,5.5}

-Onze dos últimos doze anos (1995-2006) estão entre os doze anos mais quentes desde os registros instrumentais da temperatura da superfície global⁹ (desde 1850). A tendência linear de 100 anos (1906-2005) de 0.74[0.56 para 0.92]°C é então maior que a tendência correspondente para 1901-200 dada no TAR de 0.6[0.4 para 0.8]°C. A tendência de aquecimento linear durante os últimos cinquenta anos (0.13 [0.10 para 0.16]°C é quase duas vezes a tendência dos últimos 100 anos). O aumento total da temperatura de 1850-1899 para 2001-2005 é 0.76 [0.57 para 0.95]°C. Os efeitos do calor urbano são reais, mas locais, e têm uma influência insignificante (menos que 0.006°C por década sobre o solo e zero sobre os oceanos) nestes valores. {3.2}

-Novas análises de medição de temperatura da baixa e média troposfera usando satélites e balões apontam taxas de aquecimento similar às taxas de aquecimento registradas na temperatura da superfície e são consistentes dentro de suas respectivas incertezas, mostrando de forma ampla uma discrepância observada no TAR. {3.2,3.4}

-O conteúdo médio de vapor de água na atmosfera tanto a terra como sobre os oceanos na troposfera superior tem aumentado desde pelo menos a década de 1980. O aumento é muito consistente com a quantidade extra de vapor de água que o ar aquecido pode carregar.

-Observações feitas desde 1961 têm mostrado que a temperatura dos oceanos tem crescido em profundidades de até 3000 m e que os oceanos têm absorvido mais que 80% do calor acrescido ao sistema climático. Tal aquecimento permite o aumento da água do mar, contribuindo para o aumento do nível dos oceanos. (tabela SPM-0). {5.2,5.5}

Notas de rodapé

9-A média de temperatura perto da superfície sobre o solo, e a temperatura da superfície do mar.

Tabela SOM-0. taxa de aumento do nível do mar e contribuições estimadas de diferentes fontes {5.5, tabela 5.3}[números devem ser convertidos para mm por ano]

Causa do aumento do nível do mar	taxa do aumento do nível do mar (m por século)	
	1961-2003	1993-2003
Expansão térmica		
Geleiras e calotas de gelo		
Camadas de gelo da Groelândia		
Camadas de gelo da Antártica		
Soma das contribuições individuais do clima		
Para aumento do nível do mar		
Total observado do aumento do nível do mar		
Diferença (observada a menor da contribuição).		
(estimada do clima)		

Nota:

Dados anteriores a 1993 são de medidores de maré e após 1993 são de altímetros de satélites.

-As geleiras e as coberturas das montanhas com neve têm declinado, na média, em ambos hemisférios. A diminuição difundida das geleiras e das calotas de gelo tem contribuído para o aumento do nível do mar (as calotas de gelo não incluem as contribuições das camadas de gelo da Antártica e da Groelândia). (veja tabela SPM-0) {4.6,4.7,4.8,5.5}

-Novos dados desde o TAR têm mostrado que as perdas das camadas de gelo da Antártica e da Groelândia muito provavelmente contribuíram para o aumento do nível do mar de 1993-2003 (tabela SPM-0). A velocidade do fluxo tem aumentado em algumas geleiras da Antártica e da Groelândia que drenam o gelo do interior das camadas de gelo. O aumento correspondente da perda de massa das calotas de gelo tem freqüentemente sido acompanhado de um afinamento, redução ou perda das prateleiras de gelo ou perda de pedaços de geleiras flutuantes. Tal dinamismo na perda de gelo é suficiente para explicar a maioria da perda líquida da massa na Antártica e aproximadamente a metade da perda líquida da massa da Groelândia. A outra metade da causa da perda de massa no Groelândia ocorre porque o acúmulo de neve é inferior à quantidade de gelo derretido. {4.6,4.8,5.5}

-O nível do mar global aumentou em uma taxa média de 1.8 [1.3 para 2.3] mm por ano de 1961-2003. A taxa foi mais rápida de 1993-2003, cerca de 3.1 [2.4 para 3.8] mm por ano. O fato de uma taxa mais rápida refletir uma variação da década ou um aumento na tendência do longo prazo não está claro. Existe uma alta certeza que a taxa observada do nível do mar aumentou do século 19 para o século 20. O total do aumento do nível do mar no século 20 é estimado em ser de 0.17 [0.12 para 0.22] m. {5.5}

-No período de 1993-2003, o montante de contribuições climáticas é consistente com as incertezas do total do aumento do nível do mar que é diretamente observado (veja tabela SPM-0). Estas estimativas são baseadas em melhorias dos dados coletados por satélite e *in-situ* agora disponíveis. Para o período de 1961-2003, o montante de contribuições climáticas é estimado em ser menor do que o aumento do nível do mar observado. O TAR – Terceiro relatório de Avaliação – relatou uma discrepância similar para o período de 1910-1990. {5.5}

Varias mudanças climáticas no longo prazo têm sido observadas em continentes, regiões e oceanos. Isto inclui mudanças na temperatura e no gelo do Ártico, mudanças na quantidade de precipitação em todo lugar, mudança na salinidade dos oceanos, mudança dos padrões de vento e aspectos de clima extremo como as secas, a precipitação forte, as ondas de calor e a intensidade de ciclones tropicais¹⁰. {3.2,3.3,3.4,3.5,3.6,5.2}

Notas de rodapé

10- Ciclones tropicais incluem furações e tufões

-A temperatura do Ártico aumentou quase duas vezes com relação à taxa média global nos últimos 100 anos. As temperaturas do Ártico têm alta variabilidade entre as décadas e um período mais quente foi observado de 1925-1945. {3.2}

-Desde 1978 os dados oriundos de satélites têm mostrado que a extensão média do mar ártico tem encolhido em 2.7 [2.1 para 3.3] por década, com grandes diminuições no verão de 7.4 [5.0 para 9.8]% por década. Estes valores são consistentes como aqueles apontados no TAR. {4.4}

-As temperaturas nas camadas permanentemente congeladas têm geralmente subido desde a década de 1980 no ártico (em até 3°C). A área total coberta pelo congelamento sazonal do solo tem diminuído em cerca de 7% no hemisfério norte desde 1900, com uma diminuição na primavera de 155. {4.7}

-As tendências no longo prazo com relação ao volume de precipitação têm sido observadas em regiões grandes.¹¹ Um aumento significativo de precipitação tem sido observado no leste da América do sul e norte, no norte da Europa e na região central da Ásia. Seca tem sido observada na região de Sahel, no mediterrâneo, sul da África e partes do sul da Ásia. As precipitações são altamente variáveis tanto em termos espaciais quanto temporais, dados são limitados em algumas regiões. Tendências de longo prazo não foram observadas para outras grandes regiões avaliadas.¹¹ {3.3,3.9}

-Acredita-se que as mudanças na precipitação e na evaporação sobre os oceanos ocorrem por causa do esfriamento das águas localizadas em latitudes altas e médias juntamente com o aumento da salinidade em águas localizadas em baixa latitude. {5.2}

-Ventos do oeste em latitudes médias têm aumentado de força em ambos os hemisférios desde 1960. {3.5}

-secas mais longas e mais intensas têm sido observadas em áreas cada vez maiores desde a década de 1970, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais. Aumento do clima seco devido ao aumento de temperatura e à diminuição da precipitação tem contribuído para as mudanças da seca. Mudanças na temperatura da superfície do mar - SST -, padrões dos ventos e a diminuição da queda de neve e da cobertura de neve também têm contribuído para as secas. {3.3}

-A frequência de precipitações fortes tem aumentado sobre a maioria das regiões continentais, consistente com aquecimento e com o aumento observado de vapor d'água na atmosfera. {3.8,3.9}

-Mudanças nas temperaturas extremas têm sido observadas em todas as lugares durante os últimos 50 anos. Dias frios, noites frias e geadas estão tornando menos frequentes, e ondas de calor mais frequentes. (veja tabela SPM-1). {3.8}

-Há uma evidencia observada sobre o aumento da intensidade da atividade dos ciclones tropicais no Atlântico norte desde 1970, relacionando este aumento com o aumento da temperatura da superfície do mar tropical. Existem também sugestões com relação ao aumento da atividade dos ciclones tropicais em outras regiões onde a preocupação com dados com mais qualidade é maior. A variação existente entre as décadas e a qualidade do registro de ciclones tropicais anterior as observações feitas usando a rotina dos satélites a partir de 1970 complicam a detecção das atividades dos ciclones tropicais no longo prazo. Não existe uma tendência clara com relação ao número de ciclones tropicais anuais. {3.8}

Alguns aspectos da mudança do clima não foram observados

-Uma diminuição da faixa de temperatura diurna (DTR) foi relatada no TAR, mas os dados disponíveis estendiam somente de 1950-1993. Observações atualizadas revelaram que a DTR não mudou de 1979-2004, já que as temperaturas do dia e da noite aumentaram na mesma taxa. As tendências são altamente variáveis de uma região para a outra. {3.2}

A extensão de gelo do mar da Antártica continua a mostrar uma variação entre os anos e mudanças localizadas mas sem uma tendência média estatisticamente significante, consistente com a falta de aquecimento refletido na média das temperaturas atmosféricas em toda a região. {3.2,4.4}

-Não há evidência suficiente para determinar se as tendências existem na circulação meridional do oceano global ou em um fenômeno de menor escala tais como, tornados, granizo, raios e tempestade de poeira. {3.8,5.3}

Notas de rodapé

11- As regiões avaliadas são aquelas consideradas no capítulo de projeções regionais do TAR e no capítulo 11 deste relatório.

Tabela SPM-1. tendências recentes, avaliação da influência do homem na tendência, e projeções para situações com clima extremo no qual há uma tendência já observada do final do século 20.

{tabelas 3.7,3.8,9.4, seções3.8,5.5,9.7,11.2-11.9}

Fenômeno^a e direção da tendência	Probabilidade que a tendência ocorra no final do século 20 (tipicamente após 1960)	Probabilidade da contribuição do homem na tendência observada	Probabilidade de tendências futuras baseadas em projeções para o século 21 usando o cenário SRES
Mais quente e com menos dias e noites quentes sobre a maioria das áreas terrestres	Muito provável	provável	Virtualmente certo
Mais quente e com dias e noites quentes mais frequentes sobre a maioria das áreas terrestres	Muito provável	Provável (noites)	Virtualmente certo
Temporadas quentes/ondas de calor. Frequência aumenta sobre a maioria das áreas terrestres	Provável	Mais provável que não	Muito provável
Acontecimentos com forte precipitação. Frequência (ou a proporção total da queda de chuva com a queda de chuvas fortes) aumenta na maioria das áreas terrestres	Provável	Mais provável que não	Muito provável
Áreas afetadas por aumento de secas	Provável em muitas regiões desde 1970	Mais provável que não	provável
A intensidade da atividade de ciclones tropicais aumenta	Provável em algumas regiões desde 1970	Mais provável que não	provável
Incidência maior do nível do mar extremamente alto	provável	Mais provável que não	provável

Observações:

- a- veja tabela 3.7 para maiores detalhes com relação à definição
- b- veja tabela TS-4, caixa TS-3.4 e tabela 9.4
- c- diminuição da frequência de dias e noites frias (mais frio 10%)
- d- aumento da frequência de dias e noites quentes (mais quente 10%)
- e- aquecimento dos dias e noites mais extremos a cada ano
- f- magnitude das contribuições antropogênicas não avaliadas. Atribuições a estes fenômenos baseadas em julgamentos de peritos ao invés de atribuições baseadas em estudos formais.
- g- Aumento extremo do nível do mar depende da média do nível do mar e dos sistemas climáticos das regiões. É definido aqui como o mais alto 1% de valores horários observados do nível do mar em uma estação por um período de referência dado.
- h- Mudanças observadas no nível do mar extremamente alto seguem a mudança da média do nível do mar {5.5.2.6}. É muito provável que a atividade antropogênica contribuiu para o aumento da média do nível do mar. {9.5.2}
- i- Em todos os cenários ou previsões, a projeção para a média global do nível do mar em 2010 é maior do que o período de referência. {10.6}. O efeito das mudanças no sistema climático regional no nível do mar extremo não foi avaliado.

Uma perspectiva paleoclimática

Os estudos paleoclimáticos usam as mudanças apontadas por indicadores sensíveis do clima para inferirem mudanças passadas no clima do globo com escalas de tempo que vão de décadas a milhões de anos. Tais dados obtidos através de representação (ex. largura dos anéis de uma árvore) podem ser influenciados tanto pela temperatura local quanto outros fatores, como por exemplo, a precipitação, e geralmente representa, um período de tempo em particular e não anos inteiros. Desde o TAR, estudos permitem um aumento da confiança em dados adicionais que apontam comportamentos coerentes usando indicadores múltiplos em diferentes partes do mundo. No entanto, as incertezas geralmente aumentam quando se entra no passado devido a uma crescente cobertura espacial limitada.

Informações paleoclimáticas sustentam a interpretação de que o aquecimento da última metade do século não é usual nos últimos 1300 anos pelo menos. A última vez que a região polar estava significativamente mais quente do que o presente momento por um período extenso (cerca de 125.000 anos atrás), as reduções no volume de gelo polar levaram a um aumento de 4 a 6 metros do nível do mar. {6.4,6.6}

-As temperaturas médias no hemisfério norte durante a segunda metade do século 20 eram muito provavelmente maiores do que qualquer outro período de 50 anos nos últimos 500 anos e provavelmente a maior nos últimos 1300 pelo menos. Alguns estudos recentes indicam uma variação de temperaturas no hemisfério norte maior do que aquela sugerida pelo TAR, particularmente considerando que períodos mais frios existiram nos séculos 12 até 14, 17 até 19. Períodos mais quentes anteriores ao século 20 estão dentro da faixa de incerteza dada no TAR – Terceiro Relatório de Avaliação. {6.6}

-A média global do nível do mar no último período interglacial (cerca de 125.000 anos atrás), era provavelmente 4 a 6 metros maior do que durante o século 20, devido à recuperação da camada polar. Dados provenientes de núcleos de gelo indicam que as médias de temperaturas polar naquela época eram 3 a 5°C maiores do que no presente momento, por causa da diferença da órbita da Terra. As camadas de gelo da Groelândia e de outros campos de gelo do Ártico provavelmente contribuíram não mais que 4 metros para o aumento do nível do mar observado. Talvez tenha havido a contribuição da Antártida. {6.4}

Entendendo e Atribuindo as Mudanças no Clima

Esta avaliação considera registros melhorados e mais longos, uma ampla gama de observações e melhorias na simulação de muitos aspectos do clima e suas variações baseadas em estudos desde o TAR. Também considera novas atribuições de estudos que têm avaliado se as mudanças observadas são quantitativamente consistentes com o que se espera das forças externas e inconsistentes com alternativas de explicações físicas plausíveis.

A maioria dos aumentos das temperaturas médias globais observadas desde a metade do século 20 é provavelmente devido à concentração de gás estufa antropogênico¹². Isto é um avanço desde a conclusão do TAR que “a maior parte do aquecimento observado durante os últimos 50 anos provavelmente ocorreu devido ao aumento da concentração do gás estufa”. As influências humanas perceptíveis agora se estendem a outros aspectos do clima, incluindo o aquecimento dos oceanos, as temperaturas médias continentais, as temperaturas extremas e os padrões de vento (veja figura SPM-4 e tabela SPM-1). {9.4,9.5}

-É provável que o aumento da concentração de gás estufa sozinho tenha causado mais aquecimento do que o observado porque o aerossol vulcânico e o antropogênico têm compensado algum aquecimento que, caso contrário, teria ocorrido. {2.9,7.5,9.4}

-O aquecimento difundido da atmosfera e dos oceanos observado, juntamente com a perda da massa de gelo, sustenta a conclusão de que é extremamente improvável que as mudanças do clima ocorridas nos últimos 50 anos possa ser explicadas sem uma força externa, e muito provável que não seja devido às causas naturais somente. {4.8,5.2,9.4,9.5,9.7}

Notas de rodapé

12- consideração permanece incerta e é baseada em metodologias atuais.

-Aquecimento do sistema climático tem sido detectado nas mudanças das temperaturas de superfície e atmosférica, as temperaturas acima dos 700 metros dos oceanos contribuem para a elevação do nível do mar. Estudos de atribuição têm estabelecido contribuições antropogênicas para todas estas mudanças. O padrão de aquecimento da troposfera e do esfriamento da estratosfera observado provavelmente ocorre devido a uma combinação de influências do aumento do gás estufa e da redução do ozônio na estratosfera. {3.2,3.4,9.4,9.5}

-É muito provável que tenha havido um significativo aquecimento antropogênico durante os últimos 50 anos em média sobre cada continente exceto a Antártida (veja figura SPM-4). Os padrões de aquecimento observados, incluindo o maior aquecimento sobre o solo do que sobre os oceanos, e suas mudanças com o tempo, são simulados apenas com modelos que incluem forças antropogênicas. A habilidade dos modelos climáticos acoplados em simular a evolução das temperaturas observadas em cada um dos seis continentes proporciona uma evidência mais forte da influência humana sobre o clima do que o TAR disponibiliza. {3.2,9.4}

-Dificuldades ainda persistem na confiabilidade das atribuições e das simulações das mudanças de temperatura em menor escala. Nestas escalas, a variação natural do clima é relativamente maior, tornando mais difícil distinguir as mudanças esperadas devidas às forças externas. Incertezas com relação às forças locais e feedbacks também tornam difícil estimar a contribuição do aumento do gás estufa na observação da mudança de temperatura em escala menor. {8.3,9.4}

-É muito provável que as forças antropogênicas tenham contribuído para mudanças no padrão do vento¹³, afetando trajetória das tempestades extra tropicais e o padrão da temperatura em ambos os hemisférios. No entanto, as mudanças observadas na circulação hemisfério norte são maiores do que as simuladas em resposta as mudanças da força no século 20. {3.5,3.6,9.5,10.3}

-As temperaturas mais extremas dos dias mais quentes, das noites mais frias e dos dias mais frios provavelmente aumentaram devido à força antropogênica. É mais provável que não que a força antropogênica tenha aumentado o risco de ondas de calor. (veja tabela SPM-1) {9.4}

Análises de modelo climáticas juntamente com a força das observações permitem uma provável avaliação da faixa de variação do clima pela primeira vez e proporciona um aumento da segurança no entendimento do sistema climático em resposta à força radioativa. {6.6,8.6,9.6, caixa 10.2}

-O equilíbrio da variação climática é uma medida do sistema climático em resposta à força radioativa sustentada. Não é uma projeção, mas sim uma definição já que o aquecimento médio da superfície global tende a duplicar a concentração de dióxido de carbono. É provável que esteja na faixa de 2 a 4°C com uma melhor estimativa de cerca de 3°C, e muito improvável que seja menor que 1.5°C. Valores significativamente maiores que 4.5°C não podem ser excluídos, mas um acordo de modelos com observações não é tão bom para estes valores. As mudanças com relação ao vapor de água representam o maior feedback no que tange a variação climática e é agora melhor entendido do que no TAR. Feedbacks confusos ainda são a maior fonte de incertezas. {8.6,6.6, caixa10.2}

-É muito improvável que as mudanças climáticas de pelo menos sete séculos anteriores a 1950 ocorreram devido às variações geradas dentro do sistema climático sozinho. Uma significativa fração da reconstrução da variação da temperatura entre décadas do hemisfério norte durante aqueles séculos provavelmente é atribuída às erupções vulcânicas e às mudanças na radiação solar, e é provável que a força antropogênica contribuiu para o aquecimento do começo do século 20, sendo evidenciado nestes registros. {2.7,2.8,6.6,9.3}

Notas de rodapé

13 - Em particular, o modelo anular do sul e do norte e as mudanças relacionadas às oscilações do Atlântico Norte {3.6,9.5,caixaTS3.1}

Projeção futura para mudanças no clima

Um importante avanço na avaliação das projeções para mudanças climáticas comparado com o TAR é o grande número de simulações disponíveis oriundas de uma ampla gama de modelos. Estas simulações, juntas com informações obtidas através de observações, proporcionam uma base quantitativa para estimar probabilidades sobre muitos aspectos das mudanças futuras no clima. Os modelos de simulação cobrem uma gama de futuros possíveis, incluindo emissões idealizadas e hipóteses de concentrações. Eles incluem SRES^{14,15} projeções ilustrativas de cenários de 2000-2010 e modelos experimentais com concentração de gás estufa e aerossol mantidos constantes após 2000 ou 2100.

Para as próximas duas décadas um aquecimento de 0.2°C por década é estimado para os cenários de emissão da faixa de SRES. Mesmo se a concentração de todos os gases estufas e aerossol fossem mantidos constantes no nível do ano de 2000, um aquecimento além de cerca de 0.1°C por década seria esperado. {1.3,10.7}

-Desde do primeiro relatório do IPCC em 1990, as projeções avaliadas sugeriram um aumento da temperatura global média em cerca de 0.15°C e 0.3°C por década de 1990-2005. Isto agora pode ser comparado com valores observados em cerca de 0.2°C por década, fortalecendo a confiança em projeções no curto prazo.

-Os modelos experimentais apontam que mesmo se a força radioativa fosse mantida constante nos níveis do ano de 2000, uma tendência de aquecimento extra ocorreria nas próximas duas décadas em uma taxa de 0.1°C por década, principalmente devido à resposta vagarosa dos oceanos. Em torno do dobro do aquecimento (0.2°C por década) seria esperado se as emissões estiverem dentro da faixa do cenário do SRES. As melhores estimativas dos modelos indicam que o aquecimento médio das décadas sobre cada continente habitado até 2030 é insensível entre as escolhas dos cenários do SRES e é muito provável de ser pelo menos duas vezes maior que a variação estimada do modelo natural correspondente durante o século 20. {9.4,10.3,11.2-11.7, figura TS-29}

A continuidade na emissão do gás estufa na taxa atual ou maior causaria um aquecimento extra e induziria muitas mudanças no sistema climático global durante o século 21, e muito provavelmente estas mudanças seriam muito mais impactantes do que aquelas observadas no século 20. {10.3}

-Modelos avançados de mudanças climáticas agora permitem melhores estimativas e provavelmente faixas incertas avaliadas para prever o aquecimento sob diferentes cenários de emissão. Os resultados de diferentes cenários de emissão são proporcionados neste relatório para evitar a perda de informações relevantes para a elaboração desta política. Os aquecimentos médios da superfície do globo projetados para o final do século 21 (2090-2099) relacionado com 1980-1999 são mostrados na tabela SPM-2. São ilustradas as diferenças entre a menor e a maior emissão no cenário do SRES, e a incerteza do aquecimento projetado com estes cenários. {10.5}

-As melhores estimativas e as prováveis faixas com relação ao aquecimento médio do ar das superfícies do globo para seis cenários de emissão do SRES são dados nesta avaliação e são mostrados na tabela SPM-2. Por exemplo, a melhor estimativa para um cenário baixo (B1) é 1.8°C (faixa provável é 1.1°C a 2.9°C), e a melhor estimativa para um cenário alto são (A1F1) é 4.0°C (faixa provável é 2.4°C a 6.4°C). Apesar destas projeções estarem amplamente consistentes com os intervalos citados no TAR (1.4°C a 5.8°C), eles não podem ser comparados diretamente (veja figura A). O AR4 é mais avançado. Ele proporciona melhores estimativas e uma faixa de intervalo avaliada para cada cenário marcado. A nova avaliação das prováveis faixas agora tem sustentação em vários modelos climáticos com crescente realismo e complexidade, bem como informações com relação à natureza dos feedbacks do ciclo do carbono e as limitações das respostas sobre o clima através de observações.

Notas de rodapé

14- SRES refere-se ao IPCC Relatório Especial sobre Cenários de Emissão (2000). O SRES familiariza e ilustra casos que não incluem iniciativas climáticas adicionais, estão resumidos em um caixa deste relatório para elaboradores de política. Concentrações equivalentes de CO₂ aproximadamente correspondem à força radioativa computada devido aos gases estufas antropogênicos e aerossol em 2010 (veja

p.823 do TAR) para o B1, A1T, B2, A1B, A2 e A1F1 do SRES cenários marcados ilustrativos são 600, 700, 800, 850, 1250 e 1550 respectivamente.

15- Cenários B1, A1B, e A2 foram o foco do modelo de estudos intercomparados e muitos dos resultados são avaliados neste relatório.

-O aquecimento tende a reduzir a captura de dióxido de carbono da atmosfera pelos oceanos e pelo solo, elevando a fração de emissão de antropogênicos que permanecem na atmosfera. No Cenário A2, por exemplo, o feedback do ciclo de carbono do clima aumenta o aquecimento médio global correspondente em 2010 em mais de 1°C. As projeções avaliadas das faixas de temperaturas superiores são maiores do que no TAR (veja tabela SPM-2), principalmente porque a ampla gama de modelos disponíveis agora sugere um feedback do ciclo do carbono no clima mais forte. {7.3,10.5}

Tabela SPM-2 Projeção para o aquecimento médio global e para a elevação do nível do mar para o final do século 21 para modelos de casos diferentes. A projeção da elevação do nível do mar não inclui as incertezas do feedback sobre o ciclo do carbono, porque falta uma base na literatura publicada.

	Mudança de Temperatura (°C em 2090-2099 relativa a 1980-1999)	Elevação do nível do mar (m em 2090-2099 relativo á 1980-1999)
Caso	Melhor estimativa faixa provável	Faixa base do modelo excluindo mudanças dinâmicas futuras rápidas no fluxo de gelo
Ano constante 2000 concentração		
B1 Cenário A1T Cenário B2 Cenário A1B Cenário A2 Cenário A1F1 Cenário		

Observação:

- a- Estas estimativas são avaliadas de uma hierarquia de modelos que engloba um simples modelo climático, vários EMICs e um grande número de AOGCMs.
- b- A composição constante do ano 2000 de AOGCMs somente.

Projeções baseadas em modelo do aumento do nível do mar do globo no final do século 21 (2090-2099) são mostradas na tabela SPM-2. Para cada cenário, o ponto mediano da faixa na tabela SPM-2 está dentro dos 10% da média do modelo do TAR para 2090-2099. As faixas são mais estreitas que no TAR principalmente porque as informações com relação às incertezas das contribuições projetadas melhoraram¹⁶. {10.6}

-Modelos usados para datas não incluem incertezas no feedback do ciclo do carbono nem incluem os efeitos das mudanças no fluxo das camadas de gelo, porque falta uma base na literatura publicada. As projeções incluem uma contribuição devido ao aumento do fluxo de gelo da Groelândia e Antártica com as taxas observadas para 1993-2003, mas estas taxas de fluxo podem aumentar ou diminuir no futuro. Por exemplo, se esta contribuição crescesse linearmente com a mudança da temperatura média global, a elevação das faixas do nível do mar para o cenário do SRES mostrado na tabela SPM-2 aumentaria em 0.1m a 0.2m. Valores maiores não podem ser excluídos, mas o entendimento destes efeitos é muito limitado para avaliar a probabilidade ou proporcionar uma estimativa melhor ou um limite superior para o aumento do nível do mar.

Notas de rodapé

16- As projeções do TAR foram feitas para 2100, onde as projeções neste relatório são para 2090-2099. O TAR teria tido faixas similares àquelas na tabela SPM-2 se ele tivesse tratado as incertezas da mesma forma.

Concentrações crescentes de dióxido de carbono na atmosfera levam à crescente acidificação do oceano. Estimativas feitas com base nas perspectivas SRES geram reduções no PH médio na superfície oceânica mundial entre 0.14 e 0.35 unidades ao longo do século XXI, somados à queda atual de 0.1 unidade desde tempos pré-industriais. {5.4, Caixa 7.3, 10.4}

Atualmente, há mais confiança em padrões simulados sobre aquecimento e outros eventos de escala regional, incluindo alterações em padrões eólicos, precipitação e alguns aspectos de extremos e de gelo. {8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1}

O aquecimento previsto no século XXI mostra padrões geográficos independentes de cenário, similares àqueles observados durante as últimas décadas. Espera-se que o aquecimento seja maior sobre terra e em latitudes mais altas, e menor sobre o oceano meridional, e sobre partes do Atlântico Norte (ver figura SPM-5). {10.3}

Estima-se que a cobertura de neve se contraia. Aumentos generalizados na profundidade do degelo estão previstos sobre a maioria das regiões com camadas permanentemente congeladas. {10.3, 10.6}

Prevê-se que o gelo marítimo vai encolher em ambos os pólos, ártico e antártico, sob qualquer conjectura simulada SRES. Em algumas previsões, o gelo marítimo de final de verão ártico desaparece completamente até o final do século XXI.

É muito provável que casos de picos de temperaturas, ondas de calor e alta precipitação continuem a ocorrer frequentemente. {10.3}

Com base em simulações, é possível que ciclones tropicais futuros (tufões e furacões) se tornem mais violentos, com picos de velocidade de ventos maiores e precipitação mais pesada associada com contínuos aumentos de SST tropicais. Existe menos confiança em projeções de diminuição global do número de ciclones. O aumento aparente na proporção de tempestades muito fortes desde 1970 em algumas regiões é muito maior do que previsto por simulações contemporâneas para aquele período. {9.5, 10.3, 3.8}

Estima-se que as rotas de tempestades extratropicais se movam em direção aos pólos, com conseqüentes alterações dos padrões de vento, precipitação e temperatura, mantendo a vasta gama de tendências observadas nos últimos cinquenta anos. {3.6, 10.3}

Desde o TAR, existe uma compreensão crescente acerca das previsões de padrões de precipitação. Aumentos na quantidade de precipitação são muito prováveis em latitudes elevadas, enquanto reduções são prováveis na maioria das regiões terrestres subtropicais (atingindo até cerca de 20% na simulação AIB em 2100, veja figura SPM-6), mantendo os padrões observados em tendências recentes. {3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2, to 11.9}

Com base em modelos de simulações atuais, é muito provável que a circulação reversa meridional (MOC) do oceano Atlântico diminua a velocidade durante o século XXI. A redução média entre as simulações até 2100 é de 25% (varia de 0 a 50%) para a situação de emissão SRES A1B. As temperaturas na região do oceano Atlântico têm previsão de aumento a despeito das alterações decorrentes do aquecimento muito maior associado às previsões de aumento de gases causadores do efeito estufa. É muito provável que o MOC passe por modificação grande e abrupta durante o século XXI. Alterações de longo prazo no MOC não podem ser avaliadas com confiança. {10.3, 10.7}

O aquecimento antropogênico e a elevação do nível do mar continuariam por muitos séculos, em decorrência das escalas de tempo associadas a processos e correções climáticos, mesmo se as concentrações de gases poluentes fossem estabilizadas. }10.4, 10.5, 10.7}

Espera-se que o encadeamento de ciclos de carbono clima acrescente dióxido de carbono à atmosfera, na medida em que o sistema aquecer, mas a magnitude dessa análise é incerta. Isso aumenta a incerteza na trajetória das emissões de dióxido de carbono necessárias para se atingir determinado nível de concentração atmosférica de dióxido de carbono. Com base em compreensão atual dos resultados do ciclo de carbono climas, estudos de simulações sugerem que

a estabilização em 450 ppm de dióxido de carbono poderia exigir que as emissões cumulativas durante o século XXI seja reduzidas de uma média de aproximadamente 670 [630 a 710] GtG para aproximadamente 1100 [980 a 1250] GtG. {7.3, 10.4} [Acréscitar os números GtCO₂]

Caso a força radioativa fosse estabilizada até 2100 em níveis A1B, um maior aumento na temperatura do meio global, de cerca de 0.5 ° C, ainda seria prevista, no máximo até 2200. {2200}

Caso a força radioativa fosse estabilizada até 2100 em níveis A1B, somente a expansão térmica levaria a um aumento no nível do oceano entre 0.3 e 0.8 m até 2300 (relativo a 1980-1999). A expansão térmica continuaria por muitos séculos, devido ao tempo necessário para o transporte de calor até o oceano profundo. {10.7}

A contração da cobertura gelada da Groenlândia estima-se, continuará a contribuir para a elevação do nível do mar após 2100. Modelos atuais sugerem o aumento da perda de massa de gelo, com ganho mais rápido de temperatura, em decorrência de precipitação e que o equilíbrio de massa de superfície se torne negativo no ponto médio global de aquecimento (relativo a valores pré-industriais) in excess of 1.9 a 4.6° C. Se um equilíbrio negativo de massa de superfície fosse mantido por milênios, tal fato levaria à virtual eliminação da cobertura gelada da Groenlândia e uma resultante contribuição para a elevação do nível do oceano de cerca de 7 metros. As futuras temperaturas correspondentes na Groenlândia são comparáveis com aquelas inferidas acerca do último período de interglaciação, 125.000 anos atrás, quando informação paleoclimática sugere reduções de cobertura gelada polar e uma elevação do nível do mar entre 4 e 6 metros. {6.4, 10.7}

Processos dinâmicos relacionados ao fluxo de gelo não incluídos nos modelos, mas sugeridos por observações recentes, podem aumentar a vulnerabilidade das camadas de gelo ao aquecimento, contribuindo para a futura escalada do nível do mar. A compreensão desses processos é limitada e não há consenso acerca de seu alcance. {4.6,10.7}

Modelos de estudo globais atuais prevêem que a calota Antártica permanecerá fria demais para degelo generalizado da superfície, e estima-se que ela ganhe massa, em decorrência do acréscimo no nível de queda de neve. No entanto, a perda líquida poderia ocorrer se o desprendimento dinâmico de gelo dominar o equilíbrio da calota polar. {10.7}

As emissões de dióxido de carbono antropogênico tanto do passado quanto do futuro continuarão a contribuir para o aquecimento e elevação do nível do mar por mais de um milênio, em decorrência das escalas de tempo necessárias para a remoção desse gás da atmosfera. {7.3, 10.3}

As previsões de emissões para o Relatório Especial do IPCC sobre Previsões de Emissões (SRES)¹⁸

A1. O argumento e família cenário A1 descrevem um mundo futuro com rápido crescimento econômico, população global que atinge seu pico na metade do século e, a partir de então, passar a declinar, e a introdução de tecnologias novas e mais eficientes. Os temas fundamentais são convergência entre regiões, construção de capacidade e crescente interação social e cultural, com redução substancial em diferenças regionais, em renda per capita. A família cenário A1 se subdivide em três grupos que descrevem direções alternativas de mudança tecnológica no sistema de energia. Os três grupos A1 são diferenciados por sua ênfase tecnológica: uso intensivo de fontes fósseis (A1FI), fontes de energia não fóssil (A1T), ou um equilíbrio entre todas as fontes (A1B) (no qual equilíbrio é definido como não dependente excessivamente de um tipo em especial de fonte de energia, com base na suposição de que taxas de aprimoramento similares se aplicam a todo o fornecimento de energia e tecnologias de consumo final).

A2. O argumento e a família cenário A2 descreve um mundo muito heterogêneo. O fundamento é a autoconfiança e a manutenção de identidades locais. Padrões de fertilidade através das regiões convergem muito lentamente, o que resulta em crescimento contínuo da população. O desenvolvimento econômico é essencialmente orientado para a região e o crescimento econômico per capita e desenvolvimento tecnológico mais fragmentados e lentos do que em outros enredos.

B1. O enredo e a família modelo B2 descreve um mundo no qual a ênfase está sobre soluções locais para sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo com população global continuamente crescente, em taxa mais baixa do que A2, níveis intermediários de desenvolvimento econômico, e progresso tecnológico menos acelerado e mais diversificado do que nos modelos B1 e A1. Enquanto o cenário também é orientado em direção à proteção ambiental e igualdade social, também foca nos níveis local e regional.

Um cenário ilustrativo foi escolhido para cada um dos seis grupos de cenários A1B, A1F1, A1T, A2, B1 e B2. Todos devem ser considerados igualmente válidos.

Os cenários SRES não incluem iniciativas climáticas adicionais, o que significa que nenhum cenário foi incluído que explicitamente suponha a implementação de metas da Convenção de Base das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas ou de emissões do Protocolo de Kyoto.

Notas de rodapé

18 - Cenários de emissões não são avaliados neste relatório do Grupo de Trabalho Um do IPCC. Essa caixa resumindo os cenários SRES foi transcrita do TAR e foi submetida à aprovação, linha por linha, pelo painel.

Alterações em gases poluentes de núcleo de gelo e dados atuais.

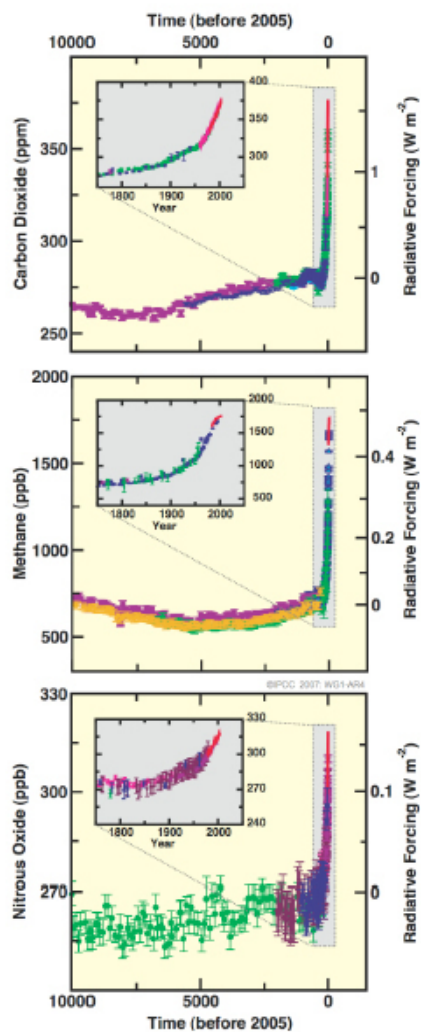


Figura SPM-1. As concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso durante os últimos 10.000 anos (painéis grandes) e desde 1750 (painéis internos). Medições são exibidas de núcleos de gelo (símbolos com cores diferentes para estudos diferentes) e amostras atmosféricas (linhas vermelhas). As forças radioativas correspondentes são exibidas nos eixos direitos dos painéis grandes. {figura 6.4}

Componentes de força radioativa

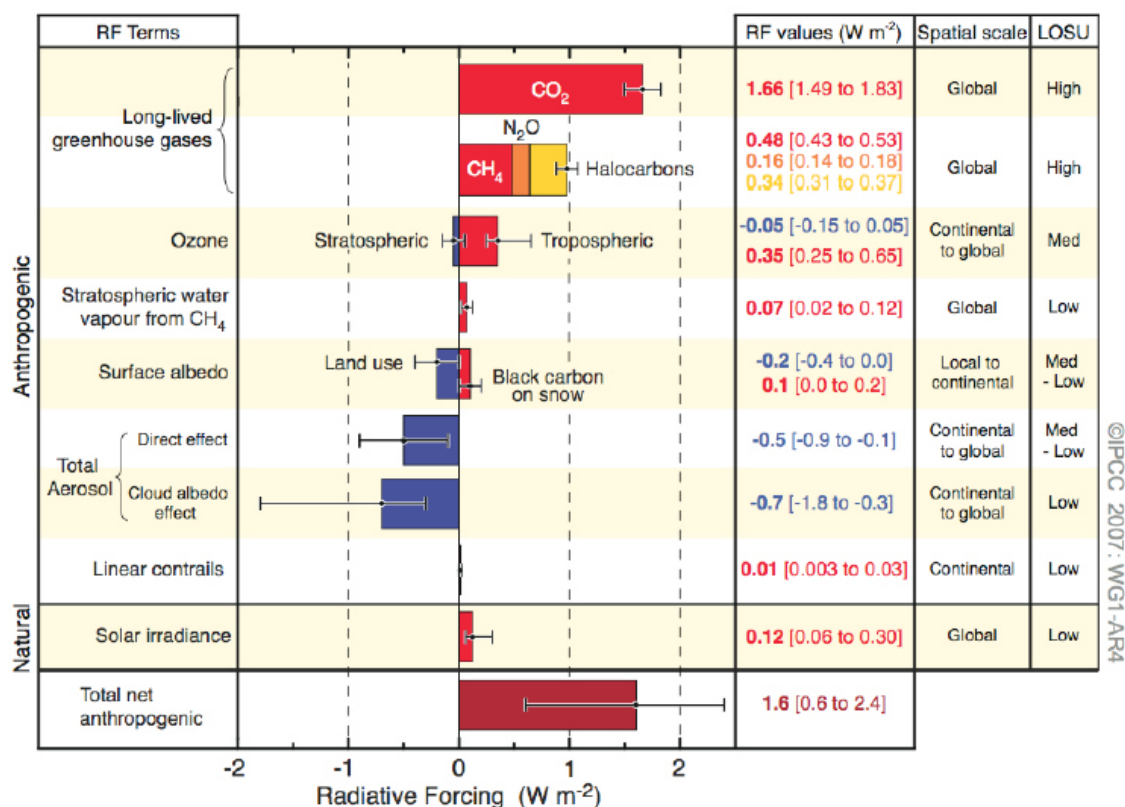


Figura SPM-2 Estimativas e variações, em 2005, da força radioativa global média para dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) antropogênicos, e outros agentes e mecanismos importantes, conjuntamente com a extensão geográfica típica (escala espacial) da força e o nível avaliado de compreensão científica (LOSU). A força radioativa antropogênica líquida e sua variação também são exibidas. Essas exigem quantificação de estimativas de incerteza assimétrica dos termos componentes, e não podem ser obtidas por meio de simples adição. Fatores de força adicionais não incluídos aqui são considerados como tendo LOSU muito baixo. Aerossóis vulcânicos contribuem com uma energia natural adicional, mas não estão inclusos nesse cálculo, devido à sua natureza episódica. A variação para rastros lineares não inclui outros efeitos possíveis da aviação sobre coberturas de nuvens. {2.9, Figura 2.20}

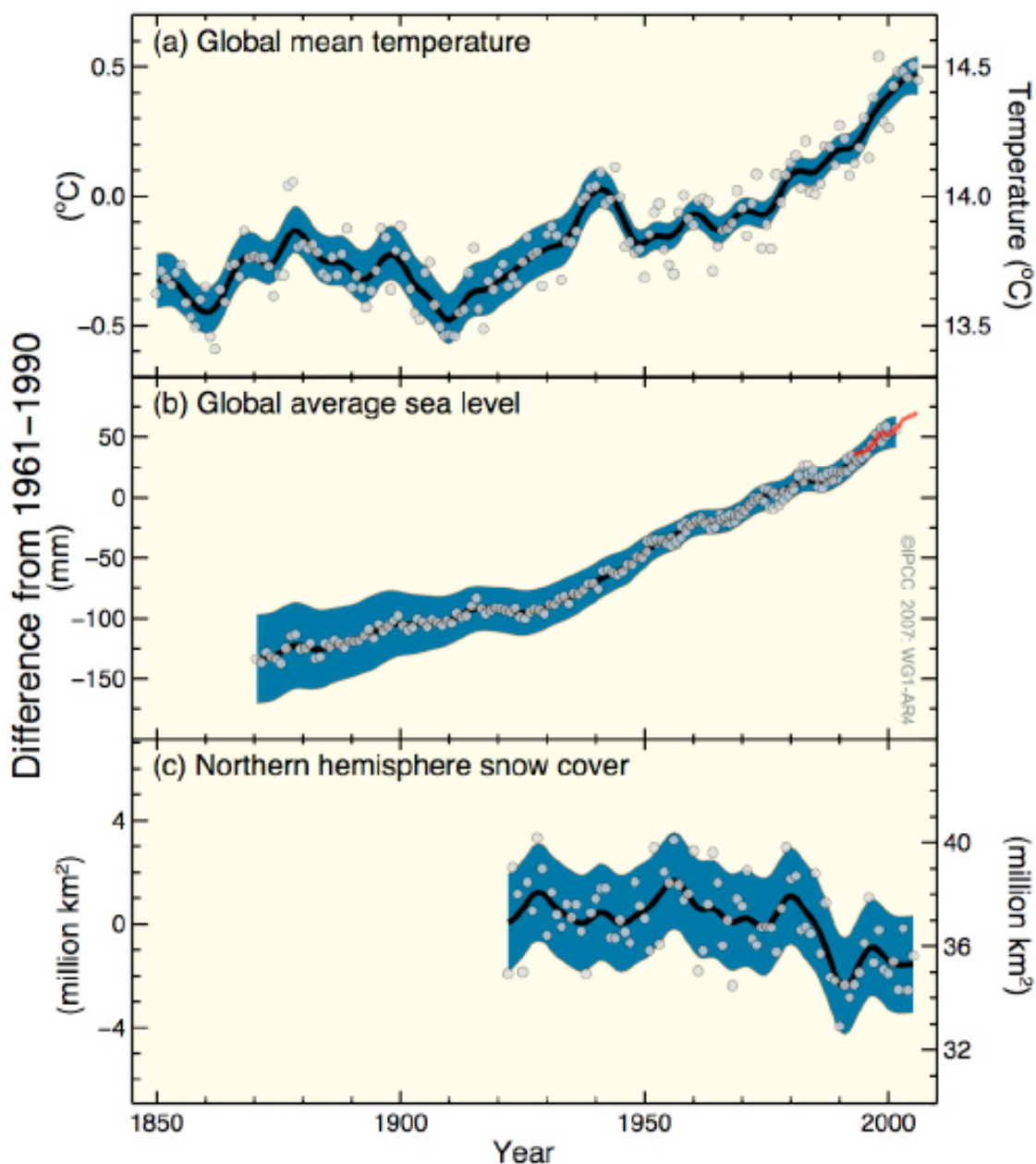


FIGURA SPM-3. Alterações observadas em (a) temperatura de superfície global média; (b) elevação global do nível do oceano a partir de informação de medição de maré (azul) e por satélite (vermelho) e (c) cobertura de neve do hemisfério norte para os meses de março e abril. Todas as alterações são relativas a médias correspondentes para o período 1961-1990. Curvas representam valores médios por década, enquanto círculos mostram valores anuais. As áreas sombreadas são os intervalos de incerteza estimados a partir de análises abrangentes de incertezas conhecidas (a e b) e a partir de séries de tempo (c). {FAQ 3.1, Figura 1, Figura 4.2 e Figura 5.13}

Alteração de Temperatura Global e Continental

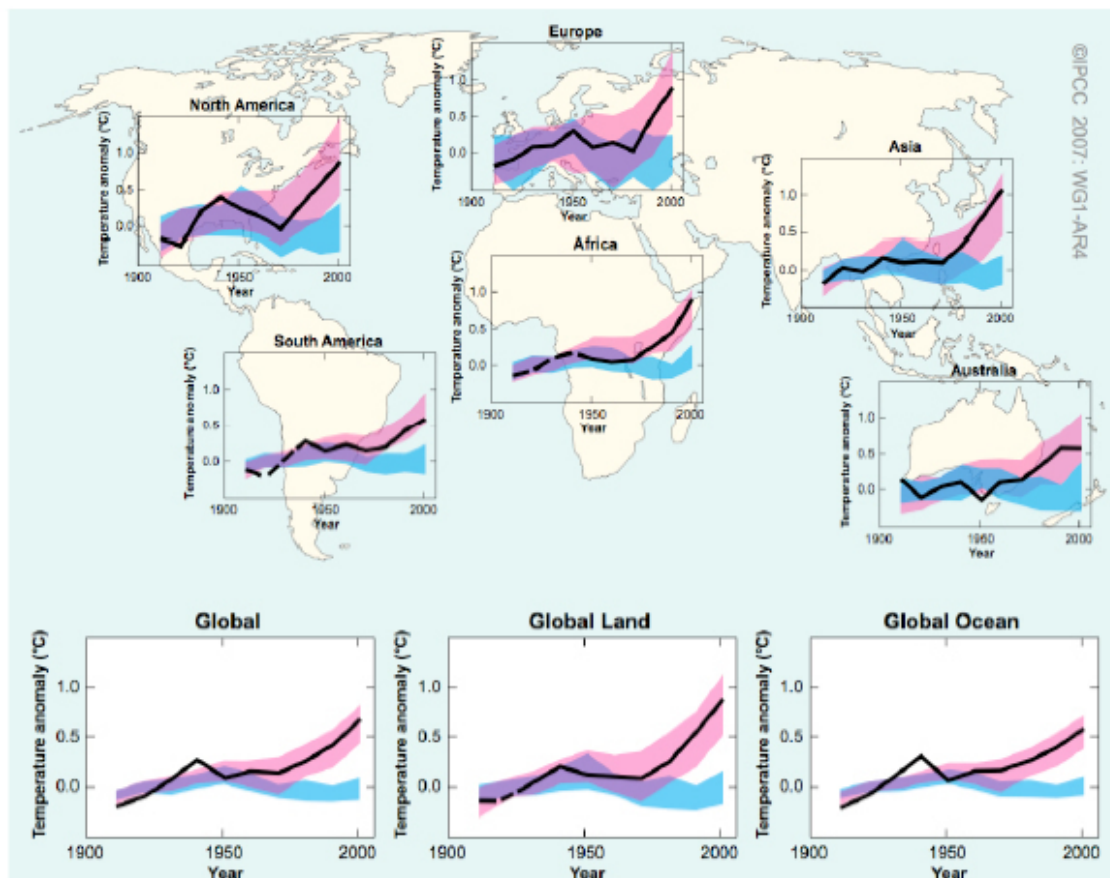


Figura SPM-4. Comparação de alterações de escala continental e global observadas na temperatura de superfície com resultados simulados por modelos de climas usando forças naturais e antropogênicas. Médias das décadas das observações são mostradas para o período 1906-2005 (linha preta) medidas em comparação com o centro da década e relativas à média correspondente para os anos de 1905-1950. As linhas são pontilhadas onde a cobertura espacial é inferior a 50%. Áreas recobertas de azul mostram o intervalo 5-95% para 19 simulações de cinco modelos de clima usando apenas as forças naturais decorrentes de atividade solar e vulcões. As faixas coloridas de vermelho mostram o intervalo 5-95% para 58 simulações de 14 modelos de clima usando ambas, força natural e antropogênica. {FAQ 9.2, Figura 1}

Projeções AOGCM sobre Temperatura de Superfície

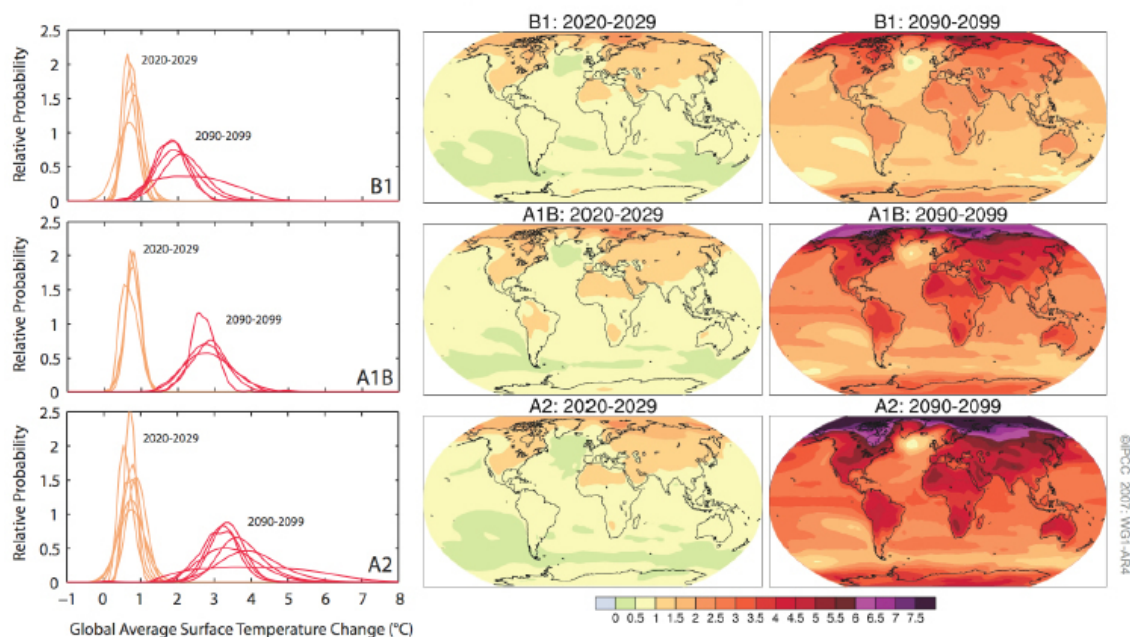


Figura SPM-5. Alterações previstas na temperatura de superfície para o início e final do século 21 em relação ao período 1980-1999. Os painéis direito e central mostram as projeções multi-modelos de circulação geral Atmosfera-Oceano para os cenários SRES B1 (topo), A1B (meio) e A2 (base) durante as décadas de 2029-2099 (direita). O painel esquerdo mostra as incertezas correspondentes, bem como as probabilidades relativas do aquecimento global médio a partir de vários estudos AOGCM E EMIC diferentes, para os mesmos períodos. Alguns estudos apresentam resultados apenas para um subgrupo de cenários SRES, ou para várias versões de modelos. Dessa forma, a diferença no número de curvas, mostradas nos painéis do lado esquerdo, é decorrente de diferenças na disponibilidade dos resultados. {Figuras 10.8 e 10.28}

Padrões previstos de Alteração de Precipitação

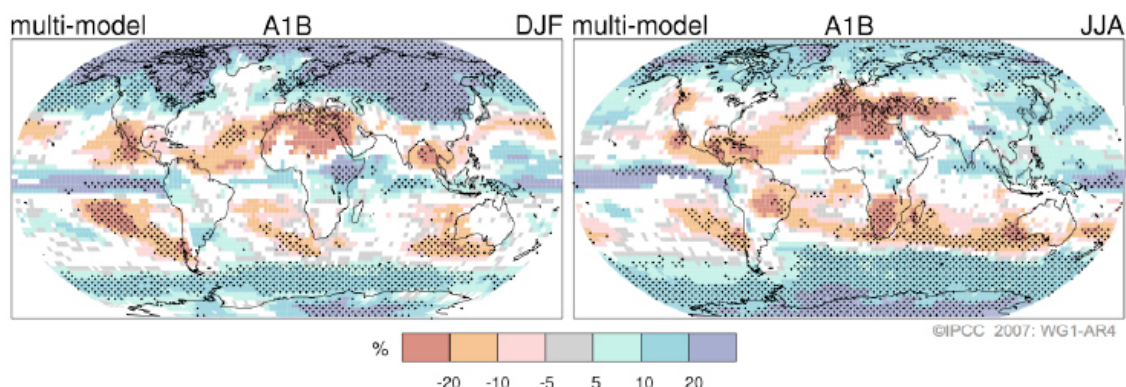


Figura SPM-6. Alterações relativas em precipitação (em porcentos) para o período 2029-2099, em relação a 1980-1999. Os valores são médias multi-modelo baseadas em cenários SRES A1B para dezembro-fevereiro (esquerda) e junho-agosto (direita). As áreas brancas representam intervalos nos quais menos de 66% dos modelos coincidem no sinal de alteração e áreas hachuradas representam locais em que mais do 90% dos modelos coincidem no sinal de alteração.

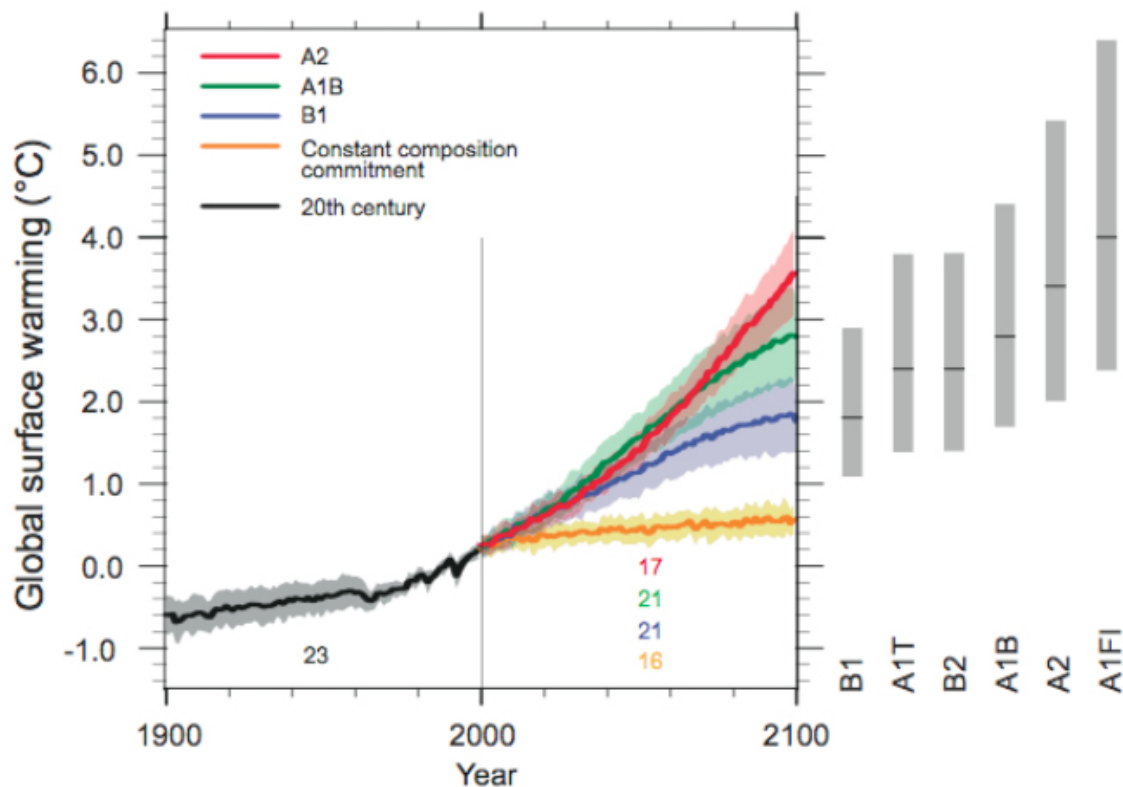


Figura SPM-7. As linhas contínuas são médias globais multi-modelos de aquecimento superficial (relativos a 1980-1999) para os cenários A2, A1B E B1, mostrados como continuações das simulações do século 21. O sombreamento denota a variação de desvio padrão para mais ou menos de meios anuais de modelo individual. O número de AOGCMs operados por dado período de tempo e cenários está indicado pelos números coloridos na parte inferior do painel. A linha laranja é para o experimento no qual as concentrações foram mantidas constantes, em valores do ano 2000. As barras cinza na direita indicam a melhor estimativa (linha contínua em cada barra) e o intervalo provável avaliado para os 6 cenários marcadores SRES. A avaliação da melhor estimativa e variações prováveis nas barras cinza incluem os AOGCMs na parte esquerda da figura, bem como os resultados de uma hierarquia de modelos independentes e restrições, de observação (figuras 10.4 e 10.29)

[A ser alterado:

Anotação de alteração de composição constante até a concentração constante do ano 2000. A barra central colorida de cinza e numerada A2, A1B, B1 curva apropriadamente.

Abolir modelos de números e seguir para citações].



Climate Change 2007: The Physical Science Basis

Summary for Policymakers

Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

**This Summary for Policymakers was formally approved at the 10th Session
of Working Group I of the IPCC, Paris, February 2007.**

Note:

**Text, tables and figures given here are final but subject to checking and
copy-editing and editorial adjustments to figures.**

Drafting Authors:

Richard Alley, Terje Berntsen, Nathaniel L. Bindoff, Zhenlin Chen, Amnat Chidthaisong, Pierre Friedlingstein, Jonathan Gregory, Gabriele Hegerl, Martin Heimann, Bruce Hewitson, Brian Hoskins, Fortunat Joos, Jean Jouzel, Vladimir Kattsov, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Mario Molina, Neville Nicholls, Jonathan Overpeck, Dahe Qin, Graciela Raga, Venkatachalam Ramaswamy, Jiawen Ren, Matilde Rusticucci, Susan Solomon, Richard Somerville, Thomas F. Stocker, Peter Stott, Ronald J. Stouffer, Penny Whetton, Richard A. Wood, David Wratt

Draft Contributing Authors:

Julie Arblaster, Guy Brasseur, Jens Hesselbjerg Christensen, Kenneth Denman, David W. Fahey, Piers Forster, Eystein Jansen, Philip D. Jones, Reto Knutti, Hervé Le Treut, Peter Lemke, Gerald Meehl, Philip Mote, David Randall, Daithí A. Stone, Kevin E. Trenberth, Jürgen Willebrand, Francis Zwiers

INTRODUCTION

The Working Group I contribution to the IPCC Fourth Assessment Report describes progress in understanding of the human and natural drivers of climate change¹, observed climate change, climate processes and attribution, and estimates of projected future climate change. It builds upon past IPCC assessments and incorporates new findings from the past six years of research. Scientific progress since the TAR is based upon large amounts of new and more comprehensive data, more sophisticated analyses of data, improvements in understanding of processes and their simulation in models, and more extensive exploration of uncertainty ranges.

The basis for substantive paragraphs in this Summary for Policymakers can be found in the chapter sections specified in curly brackets.

HUMAN AND NATURAL DRIVERS OF CLIMATE CHANGE

Changes in the atmospheric abundance of greenhouse gases and aerosols, in solar radiation and in land surface properties alter the energy balance of the climate system. These changes are expressed in terms of radiative forcing², which is used to compare how a range of human and natural factors drive warming or cooling influences on global climate. Since the Third Assessment Report (TAR), new observations and related modelling of greenhouse gases, solar activity, land surface properties and some aspects of aerosols have led to improvements in the quantitative estimates of radiative forcing.

Global atmospheric concentrations of carbon dioxide, methane and nitrous oxide have increased markedly as a result of human activities since 1750 and now far exceed pre-industrial values determined from ice cores spanning many thousands of years (see Figure SPM-1). The global increases in carbon dioxide concentration are due primarily to fossil fuel use and land-use change, while those of methane and nitrous oxide are primarily due to agriculture. {2.3, 6.4, 7.3}

- Carbon dioxide is the most important anthropogenic greenhouse gas (see Figure SPM-2). The global atmospheric concentration of carbon dioxide has increased from a pre-industrial value of about 280 ppm to 379 ppm³ in 2005. The atmospheric concentration of carbon dioxide in 2005 exceeds by far the natural range over the last 650,000 years (180 to 300 ppm) as determined from ice cores. The annual carbon dioxide concentration growth-rate was larger during the last 10 years (1995 – 2005 average: 1.9 ppm per year), than it has been since the beginning of continuous direct atmospheric measurements (1960–2005 average: 1.4 ppm per year) although there is year-to-year variability in growth rates.
- The primary source of the increased atmospheric concentration of carbon dioxide since the pre-industrial period results from fossil fuel use, with land use change providing another significant but smaller contribution. Annual fossil carbon dioxide emissions⁴ increased from an average of 6.4 [6.0 to 6.8]⁵ GtC

¹ *Climate change* in IPCC usage refers to any change in climate over time, whether due to natural variability or as a result of human activity. This usage differs from that in the Framework Convention on Climate Change, where climate change refers to a change of climate that is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and that is in addition to natural climate variability observed over comparable time periods.

² *Radiative forcing* is a measure of the influence that a factor has in altering the balance of incoming and outgoing energy in the Earth-atmosphere system and is an index of the importance of the factor as a potential climate change mechanism. Positive forcing tends to warm the surface while negative forcing tends to cool it. In this report radiative forcing values are for 2005 relative to pre-industrial conditions defined at 1750 and are expressed in watts per square metre (W m⁻²). See Glossary and Section 2.2 for further details.

³ ppm (parts per million) or ppb (parts per billion, 1 billion = 1,000 million) is the ratio of the number of greenhouse gas molecules to the total number of molecules of dry air. For example: 300 ppm means 300 molecules of a greenhouse gas per million molecules of dry air.

⁴ Fossil carbon dioxide emissions include those from the production, distribution and consumption of fossil fuels and as by-product from cement production. An emission of 1 GtC corresponds to 3.67 GtCO₂.

⁵ In general, uncertainty ranges for results given in this Summary for Policymakers are 90% uncertainty intervals unless stated otherwise, i.e., there is an estimated 5% likelihood that the value could be above the range given in square brackets and 5% likelihood that the value could be below that range. Best estimates are given where available. Assessed uncertainty intervals are not always symmetric about the corresponding best estimate. Note that a number of uncertainty ranges in the Working Group I TAR corresponded to 2-sigma (95%), often using expert judgement.

(23.5 [22.0 to 25.0] GtCO₂) per year in the 1990s, to 7.2 [6.9 to 7.5] GtC (26.4 [25.3 to 27.5] GtCO₂) per year in 2000–2005 (2004 and 2005 data are interim estimates). Carbon dioxide emissions associated with land-use change are estimated to be 1.6 [0.5 to 2.7] GtC (5.9 [1.8 to 9.9] GtCO₂) per year over the 1990s, although these estimates have a large uncertainty. {2.3, 7.3}

- The global atmospheric concentration of methane has increased from a pre-industrial value of about 715 ppb to 1732 ppb in the early 1990s, and is 1774 ppb in 2005. The atmospheric concentration of methane in 2005 exceeds by far the natural range of the last 650,000 years (320 to 790 ppb) as determined from ice cores. Growth rates have declined since the early 1990s, consistent with total emissions (sum of anthropogenic and natural sources) being nearly constant during this period. It is *very likely*⁶ that the observed increase in methane concentration is due to anthropogenic activities, predominantly agriculture and fossil fuel use, but relative contributions from different source types are not well determined. {2.3, 7.4}
- The global atmospheric nitrous oxide concentration increased from a pre-industrial value of about 270 ppb to 319 ppb in 2005. The growth rate has been approximately constant since 1980. More than a third of all nitrous oxide emissions are anthropogenic and are primarily due to agriculture. {2.3, 7.4}

The understanding of anthropogenic warming and cooling influences on climate has improved since the Third Assessment Report (TAR), leading to *very high confidence*⁷ that the globally averaged net effect of human activities since 1750 has been one of warming, with a radiative forcing of +1.6 [+0.6 to +2.4] W m⁻². (see Figure SPM-2). {2.3, 6.5, 2.9}

- The combined radiative forcing due to increases in carbon dioxide, methane, and nitrous oxide is +2.30 [+2.07 to +2.53] W m⁻², and its rate of increase during the industrial era is *very likely* to have been unprecedented in more than 10,000 years (see Figures SPM-1 and SPM-2). The carbon dioxide radiative forcing increased by 20% from 1995 to 2005, the largest change for any decade in at least the last 200 years. {2.3, 6.4}
- Anthropogenic contributions to aerosols (primarily sulphate, organic carbon, black carbon, nitrate and dust) together produce a cooling effect, with a total direct radiative forcing of -0.5 [-0.9 to -0.1] W m⁻² and an indirect cloud albedo forcing of -0.7 [-1.8 to -0.3] W m⁻². These forcings are now better understood than at the time of the TAR due to improved *in situ*, satellite and ground-based measurements and more comprehensive modelling, but remain the dominant uncertainty in radiative forcing. Aerosols also influence cloud lifetime and precipitation. {2.4, 2.9, 7.5}
- Significant anthropogenic contributions to radiative forcing come from several other sources. Tropospheric ozone changes due to emissions of ozone-forming chemicals (nitrogen oxides, carbon monoxide, and hydrocarbons) contribute +0.35 [+0.25 to +0.65] W m⁻². The direct radiative forcing due to changes in halocarbons⁸ is +0.34 [+0.31 to +0.37] W m⁻². Changes in surface albedo, due to land-cover changes and deposition of black carbon aerosols on snow, exert respective forcings of -0.2 [-0.4 to 0.0] and +0.1 [0.0 to +0.2] W m⁻². Additional terms smaller than ±0.1 W m⁻² are shown in Figure SPM-2. {2.3, 2.5, 7.2}
- Changes in solar irradiance since 1750 are estimated to cause a radiative forcing of +0.12 [+0.06 to +0.30] W m⁻², which is less than half the estimate given in the TAR. {2.7}

⁶ In this Summary for Policymakers, the following terms have been used to indicate the assessed likelihood, using expert judgement, of an outcome or a result: *Virtually certain* > 99% probability of occurrence, *Extremely likely* > 95%, *Very likely* > 90%, *Likely* > 66%, *More likely than not* > 50%, *Unlikely* < 33%, *Very unlikely* < 10%, *Extremely unlikely* < 5%. (See Box TS 1.1 for more details).

⁷ In this Summary for Policymakers the following levels of confidence have been used to express expert judgments on the correctness of the underlying science: *very high confidence* at least a 9 out of 10 chance of being correct; *high confidence* about an 8 out of 10 chance of being correct. (See Box TS-1.1)

⁸ Halocarbon radiative forcing has been recently assessed in detail in IPCC's Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System (2005).

DIRECT OBSERVATIONS OF RECENT CLIMATE CHANGE

Since the TAR, progress in understanding how climate is changing in space and in time has been gained through improvements and extensions of numerous datasets and data analyses, broader geographical coverage, better understanding of uncertainties, and a wider variety of measurements. Increasingly comprehensive observations are available for glaciers and snow cover since the 1960s, and for sea level and ice sheets since about the past decade. However, data coverage remains limited in some regions.

Warming of the climate system is unequivocal, as is now evident from observations of increases in global average air and ocean temperatures, widespread melting of snow and ice, and rising global mean sea level (see Figure SPM-3). {3.2, 4.2, 5.5}

- Eleven of the last twelve years (1995 -2006) rank among the 12 warmest years in the instrumental record of global surface temperature⁹ (since 1850). The updated 100-year linear trend (1906–2005) of 0.74 [0.56 to 0.92]°C is therefore larger than the corresponding trend for 1901–2000 given in the TAR of 0.6 [0.4 to 0.8]°C. The linear warming trend over the last 50 years (0.13 [0.10 to 0.16]°C per decade) is nearly twice that for the last 100 years. The total temperature increase from 1850 – 1899 to 2001 – 2005 is 0.76 [0.57 to 0.95]°C. Urban heat island effects are real but local, and have a negligible influence (less than 0.006°C per decade over land and zero over the oceans) on these values. {3.2}
- New analyses of balloon-borne and satellite measurements of lower- and mid-tropospheric temperature show warming rates that are similar to those of the surface temperature record and are consistent within their respective uncertainties, largely reconciling a discrepancy noted in the TAR. {3.2, 3.4}
- The average atmospheric water vapour content has increased since at least the 1980s over land and ocean as well as in the upper troposphere. The increase is broadly consistent with the extra water vapour that warmer air can hold. {3.4}
- Observations since 1961 show that the average temperature of the global ocean has increased to depths of at least 3000 m and that the ocean has been absorbing more than 80% of the heat added to the climate system. Such warming causes seawater to expand, contributing to sea level rise (Table SPM-0). {5.2, 5.5}

⁹ The average of near surface air temperature over land, and sea surface temperature.

Table SPM-0. Observed rate of sea level rise and estimated contributions from different sources. {5.5, Table 5.3}
 [Numbers to be converted to mm per year]

Source of sea level rise	Rate of sea level rise (m per century)	
	1961 – 2003	1993 – 2003
Thermal expansion	0.042 ± 0.012	0.16 ± 0.05
Glaciers and ice caps	0.050 ± 0.018	0.077 ± 0.022
Greenland ice sheets	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Antarctic ice sheets	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35
Sum of individual climate contributions to sea level rise	0.11 ± 0.05	0.28 ± 0.07
Observed total sea level rise	0.18 ± 0.05^a	0.31 ± 0.07^a
Difference (Observed minus sum of estimated climate contributions)	0.07 ± 0.07	0.03 ± 0.10

Note:

^a Data prior to 1993 are from tide gauges and after 1993 are from satellite altimetry

- Mountain glaciers and snow cover have declined on average in both hemispheres. Widespread decreases in glaciers and ice caps have contributed to sea level rise (ice caps do not include contributions from the Greenland and Antarctic ice sheets). (see Table SPM-0) {4.6, 4.7, 4.8, 5.5}
- New data since the TAR now show that losses from the ice sheets of Greenland and Antarctica have very likely contributed to sea level rise over 1993 to 2003 (Table SPM-0). Flow speed has increased for some Greenland and Antarctic outlet glaciers, which drain ice from the interior of the ice sheets. The corresponding increased ice sheet mass loss has often followed thinning, reduction or loss of ice shelves or loss of floating glacier tongues. Such dynamical ice loss is sufficient to explain most of the Antarctic net mass loss and approximately half of the Greenland net mass loss. The remainder of the ice loss from Greenland has occurred because losses due to melting have exceeded accumulation due to snowfall. {4.6, 4.8, 5.5}
- Global average sea level rose at an average rate of 1.8 [1.3 to 2.3] mm per year over 1961 to 2003. The rate was faster over 1993 to 2003, about 3.1 [2.4 to 3.8] mm per year. Whether the faster rate for 1993 to 2003 reflects decadal variability or an increase in the longer-term trend is unclear. There is *high confidence* that the rate of observed sea level rise increased from the 19th to the 20th century. The total 20th century rise is estimated to be 0.17 [0.12 to 0.22] m. {5.5}
- For 1993-2003, the sum of the climate contributions is consistent within uncertainties with the total sea level rise that is directly observed (see Table SPM-0). These estimates are based on improved satellite and *in-situ* data now available. For the period of 1961 to 2003, the sum of climate contributions is estimated to be smaller than the observed sea level rise. The TAR reported a similar discrepancy for 1910 to 1990. {5.5}

At continental, regional, and ocean basin scales, numerous long-term changes in climate have been observed. These include changes in Arctic temperatures and ice, widespread changes in precipitation amounts, ocean salinity, wind patterns and aspects of extreme weather including droughts, heavy precipitation, heat waves and the intensity of tropical cyclones¹⁰. {3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 5.2}

¹⁰ Tropical cyclones include hurricanes and typhoons.

- Average Arctic temperatures increased at almost twice the global average rate in the past 100 years. Arctic temperatures have high decadal variability, and a warm period was also observed from 1925 to 1945. {3.2}
- Satellite data since 1978 show that annual average Arctic sea ice extent has shrunk by 2.7 [2.1 to 3.3]% per decade, with larger decreases in summer of 7.4 [5.0 to 9.8]% per decade. These values are consistent with those reported in the TAR. {4.4}
- Temperatures at the top of the permafrost layer have generally increased since the 1980s in the Arctic (by up to 3°C). The maximum area covered by seasonally frozen ground has decreased by about 7% in the Northern Hemisphere since 1900, with a decrease in spring of up to 15%. {4.7}
- Long-term trends from 1900 to 2005 have been observed in precipitation amount over many large regions.¹¹ Significantly increased precipitation has been observed in eastern parts of North and South America, northern Europe and northern and central Asia. Drying has been observed in the Sahel, the Mediterranean, southern Africa and parts of southern Asia. Precipitation is highly variable spatially and temporally, and data are limited in some regions. Long-term trends have not been observed for the other large regions assessed.¹¹ {3.3, 3.9}
- Changes in precipitation and evaporation over the oceans are suggested by freshening of mid and high latitude waters together with increased salinity in low latitude waters. {5.2}
- Mid-latitude westerly winds have strengthened in both hemispheres since the 1960s. {3.5}
- More intense and longer droughts have been observed over wider areas since the 1970s, particularly in the tropics and subtropics. Increased drying linked with higher temperatures and decreased precipitation have contributed to changes in drought. Changes in sea surface temperatures (SST), wind patterns, and decreased snowpack and snow cover have also been linked to droughts. {3.3}
- The frequency of heavy precipitation events has increased over most land areas, consistent with warming and observed increases of atmospheric water vapour. {3.8, 3.9}
- Widespread changes in extreme temperatures have been observed over the last 50 years. Cold days, cold nights and frost have become less frequent, while hot days, hot nights, and heat waves have become more frequent (see Table SPM-1). {3.8}
- There is observational evidence for an increase of intense tropical cyclone activity in the North Atlantic since about 1970, correlated with increases of tropical sea surface temperatures. There are also suggestions of increased intense tropical cyclone activity in some other regions where concerns over data quality are greater. Multi-decadal variability and the quality of the tropical cyclone records prior to routine satellite observations in about 1970 complicate the detection of long-term trends in tropical cyclone activity. There is no clear trend in the annual numbers of tropical cyclones. {3.8}

Some aspects of climate have not been observed to change. {3.2, 3.8, 4.4, 5.3}

- A decrease in diurnal temperature range (DTR) was reported in the TAR, but the data available then extended only from 1950 to 1993. Updated observations reveal that DTR has not changed from 1979 to 2004 as both day- and night-time temperature have risen at about the same rate. The trends are highly variable from one region to another. {3.2}
- Antarctic sea ice extent continues to show inter-annual variability and localized changes but no statistically significant average trends, consistent with the lack of warming reflected in atmospheric temperatures averaged across the region. {3.2, 4.4}
- There is insufficient evidence to determine whether trends exist in the meridional overturning circulation of the global ocean or in small scale phenomena such as tornadoes, hail, lightning and dust-storms. {3.8, 5.3}

¹¹ The assessed regions are those considered in the regional projections Chapter of the TAR and in Chapter 11 of this Report.

Table SPM-1. Recent trends, assessment of human influence on the trend, and projections for extreme weather events for which there is an observed late 20th century trend. {Tables 3.7, 3.8, 9.4, Sections 3.8, 5.5, 9.7, 11.2-11.9}

Phenomenon ^a and direction of trend	Likelihood that trend occurred in late 20th century (typically post 1960)	Likelihood of a human contribution to observed trend ^b	Likelihood of future trends based on projections for 21st century using SRES scenarios
Warmer and fewer cold days and nights over most land areas	<i>Very likely</i> ^c	<i>Likely</i> ^e	<i>Virtually certain</i> ^e
Warmer and more frequent hot days and nights over most land areas	<i>Very likely</i> ^d	<i>Likely (nights)</i> ^e	<i>Virtually certain</i> ^e
Warm spells / heat waves. Frequency increases over most land areas	<i>Likely</i>	<i>More likely than not</i> ^f	<i>Very likely</i>
Heavy precipitation events. Frequency (or proportion of total rainfall from heavy falls) increases over most areas	<i>Likely</i>	<i>More likely than not</i> ^f	<i>Very likely</i>
Area affected by droughts increases	<i>Likely</i> in many regions since 1970s	<i>More likely than not</i>	<i>Likely</i>
Intense tropical cyclone activity increases	<i>Likely</i> in some regions since 1970	<i>More likely than not</i> ^f	<i>Likely</i>
Increased incidence of extreme high sea level (excludes tsunamis) ^g	<i>Likely</i>	<i>More likely than not</i> ^{f, h}	<i>Likely</i> ⁱ

Notes:

(a) See Table 3.7 for further details regarding definitions

(b) See Table TS-4, Box TS-3.4 and Table 9.4.

(c) Decreased frequency of cold days and nights (coldest 10%)

(d) Increased frequency of hot days and nights (hottest 10%)

(e) Warming of the most extreme days and nights each year

(f) Magnitude of anthropogenic contributions not assessed. Attribution for these phenomena based on expert judgement rather than formal attribution studies.

(g) Extreme high sea level depends on mean sea level and on regional weather systems. It is defined here as the highest 1% of hourly values of observed sea level at a station for a given reference period.

(h) Changes in observed extreme high sea level closely follow the changes in mean sea level {5.5.2.6}. It is *very likely* that anthropogenic activity contributed to a rise in mean sea level. {9.5.2}

(i) In all scenarios, the projected global mean sea level at 2100 is higher than in the reference period. {10.6}. The effect of changes in regional weather systems on sea level extremes has not been assessed.

A PALEOCLIMATIC PERSPECTIVE

Paleoclimatic studies use changes in climatically sensitive indicators to infer past changes in global climate on time scales ranging from decades to millions of years. Such proxy data (e.g., tree ring width) may be influenced by both local temperature and other factors such as precipitation, and are often representative of particular seasons rather than full years. Studies since the TAR draw increased confidence from additional data showing coherent behaviour across multiple indicators in different parts of the world. However, uncertainties generally increase with time into the past due to increasingly limited spatial coverage.

Paleoclimate information supports the interpretation that the warmth of the last half century is unusual in at least the previous 1300 years. The last time the polar regions were significantly warmer than present for an extended period (about 125,000 years ago), reductions in polar ice volume led to 4 to 6 metres of sea level rise. {6.4, 6.6}

- Average Northern Hemisphere temperatures during the second half of the 20th century were *very likely* higher than during any other 50-year period in the last 500 years and *likely* the highest in at least the past 1300 years. Some recent studies indicate greater variability in Northern Hemisphere temperatures than suggested in the TAR, particularly finding that cooler periods existed in the 12 to 14th, 17th, and 19th centuries. Warmer periods prior to the 20th century are within the uncertainty range given in the TAR. {6.6}
- Global average sea level in the last interglacial period (about 125,000 years ago) was *likely* 4 to 6 m higher than during the 20th century, mainly due to the retreat of polar ice. Ice core data indicate that average polar temperatures at that time were 3 to 5°C higher than present, because of differences in the Earth's orbit. The Greenland ice sheet and other Arctic ice fields *likely* contributed no more than 4 m of the observed sea level rise. There may also have been a contribution from Antarctica. {6.4}

UNDERSTANDING AND ATTRIBUTING CLIMATE CHANGE

This Assessment considers longer and improved records, an expanded range of observations, and improvements in the simulation of many aspects of climate and its variability based on studies since the TAR. It also considers the results of new attribution studies that have evaluated whether observed changes are quantitatively consistent with the expected response to external forcings and inconsistent with alternative physically plausible explanations.

Most of the observed increase in globally averaged temperatures since the mid-20th century is *very likely* due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentrations¹². This is an advance since the TAR's conclusion that "most of the observed warming over the last 50 years is *likely* to have been due to the increase in greenhouse gas concentrations". Discernible human influences now extend to other aspects of climate, including ocean warming, continental-average temperatures, temperature extremes and wind patterns (see Figure SPM-4 and Table SPM-1). {9.4, 9.5}

- It is *likely* that increases in greenhouse gas concentrations alone would have caused more warming than observed because volcanic and anthropogenic aerosols have offset some warming that would otherwise have taken place. {2.9, 7.5, 9.4}
- The observed widespread warming of the atmosphere and ocean, together with ice mass loss, support the conclusion that it is *extremely unlikely* that global climate change of the past fifty years can be explained without external forcing, and very likely that it is not due to known natural causes alone. {4.8, 5.2, 9.4, 9.5, 9.7}

¹² Consideration of remaining uncertainty is based on current methodologies.

- Warming of the climate system has been detected in changes of surface and atmospheric temperatures, temperatures in the upper several hundred metres of the ocean and in contributions to sea level rise. Attribution studies have established anthropogenic contributions to all of these changes. The observed pattern of tropospheric warming and stratospheric cooling is *very likely* due to the combined influences of greenhouse gas increases and stratospheric ozone depletion. {3.2, 3.4, 9.4, 9.5}
- It is *likely* that there has been significant anthropogenic warming over the past 50 years averaged over each continent except Antarctica (see Figure SPM-4). The observed patterns of warming, including greater warming over land than over the ocean, and their changes over time, are only simulated by models that include anthropogenic forcing. The ability of coupled climate models to simulate the observed temperature evolution on each of six continents provides stronger evidence of human influence on climate than was available in the TAR. {3.2, 9.4}
- Difficulties remain in reliably simulating and attributing observed temperature changes at smaller scales. On these scales, natural climate variability is relatively larger making it harder to distinguish changes expected due to external forcings. Uncertainties in local forcings and feedbacks also make it difficult to estimate the contribution of greenhouse gas increases to observed small-scale temperature changes. {8.3, 9.4}
- Anthropogenic forcing is *likely* to have contributed to changes in wind patterns¹³, affecting extra-tropical storm tracks and temperature patterns in both hemispheres. However, the observed changes in the Northern Hemisphere circulation are larger than simulated in response to 20th century forcing change. {3.5, 3.6, 9.5, 10.3}
- Temperatures of the most extreme hot nights, cold nights and cold days are *likely* to have increased due to anthropogenic forcing. It is *more likely than not* that anthropogenic forcing has increased the risk of heat waves (see Table SPM-1). {9.4}

Analysis of climate models together with constraints from observations enables an assessed likely range to be given for climate sensitivity for the first time and provides increased confidence in the understanding of the climate system response to radiative forcing. {6.6, 8.6, 9.6. Box 10.2}

- The equilibrium climate sensitivity is a measure of the climate system response to sustained radiative forcing. It is not a projection but is defined as the global average surface warming following a doubling of carbon dioxide concentrations. It is *likely* to be in the range 2 to 4.5°C with a best estimate of about 3°C, and is *very unlikely* to be less than 1.5°C. Values substantially higher than 4.5°C cannot be excluded, but agreement of models with observations is not as good for those values. Water vapour changes represent the largest feedback affecting climate sensitivity and are now better understood than in the TAR. Cloud feedbacks remain the largest source of uncertainty. {8.6, 9.6, Box 10.2}
- It is *very unlikely* that climate changes of at least the seven centuries prior to 1950 were due to variability generated within the climate system alone. A significant fraction of the reconstructed Northern Hemisphere interdecadal temperature variability over those centuries is very likely attributable to volcanic eruptions and changes in solar irradiance, and it is likely that anthropogenic forcing contributed to the early 20th century warming evident in these records. {2.7, 2.8, 6.6, 9.3}

¹³ In particular, the Southern and Northern Annular Modes and related changes in the North Atlantic Oscillation {3.6, 9.5, Box TS.3.1}

PROJECTIONS OF FUTURE CHANGES IN CLIMATE

A major advance of this assessment of climate change projections compared with the TAR is the large number of simulations available from a broader range of models. Taken together with additional information from observations, these provide a quantitative basis for estimating likelihoods for many aspects of future climate change. Model simulations cover a range of possible futures including idealised emission or concentration assumptions. These include SRES^{14,15} illustrative marker scenarios for the 2000–2100 period and model experiments with greenhouse gases and aerosol concentrations held constant after year 2000 or 2100.

For the next two decades a warming of about 0.2°C per decade is projected for a range of SRES emission scenarios. Even if the concentrations of all greenhouse gases and aerosols had been kept constant at year 2000 levels, a further warming of about 0.1°C per decade would be expected. {10.3, 10.7}

- Since IPCC's first report in 1990, assessed projections have suggested global averaged temperature increases between about 0.15 and 0.3°C per decade for 1990 to 2005. This can now be compared with observed values of about 0.2°C per decade, strengthening confidence in near-term projections. {1.2, 3.2}
- Model experiments show that even if all radiative forcing agents are held constant at year 2000 levels, a further warming trend would occur in the next two decades at a rate of about 0.1°C per decade, due mainly to the slow response of the oceans. About twice as much warming (0.2°C per decade) would be expected if emissions are within the range of the SRES scenarios. Best-estimate projections from models indicate that decadal-average warming over each inhabited continent by 2030 is insensitive to the choice among SRES scenarios and is *very likely* to be at least twice as large as the corresponding model-estimated natural variability during the 20th century. {9.4, 10.3, 10.5, 11.2–11.7, Figure TS-29}

Continued greenhouse gas emissions at or above current rates would cause further warming and induce many changes in the global climate system during the 21st century that would *very likely* be larger than those observed during the 20th century. {10.3}

- Advances in climate change modelling now enable best estimates and *likely* assessed uncertainty ranges to be given for projected warming for different emission scenarios. Results for different emission scenarios are provided explicitly in this report to avoid loss of this policy-relevant information. Projected globally-averaged surface warmings for the end of the 21st century (2090–2099) relative to 1980–1999 are shown in Table SPM-2. These illustrate the differences between lower to higher SRES emission scenarios and the projected warming uncertainty associated with these scenarios. {10.5}
- Best estimates and likely ranges for globally average surface air warming for six SRES emissions marker scenarios are given in this assessment and are shown in Table SPM-2. For example, the best estimate for the low scenario (B1) is 1.8°C (likely range is 1.1°C to 2.9°C), and the best estimate for the high scenario (A1FI) is 4.0°C (likely range is 2.4°C to 6.4°C). Although these projections are broadly consistent with the span quoted in the TAR (1.4 to 5.8°C), they are not directly comparable (See Figure A). The AR4 is more advanced as it provides best estimates and an assessed likelihood range for each of the marker scenarios. The new assessment of the likely ranges now relies on a larger number of climate models of increasing complexity and realism, as well as new information regarding the nature of feedbacks from the carbon cycle and constraints on climate response from observations.

¹⁴ SRES refers to the IPCC Special Report on Emission Scenarios (2000). The SRES scenario families and illustrative cases, which did not include additional climate initiatives, are summarized in a box at the end of this Summary for Policymakers. Approximate CO₂ equivalent concentrations corresponding to the computed radiative forcing due to anthropogenic greenhouse gases and aerosols in 2100 (see p. 823 of the TAR) for the SRES B1, A1T, B2, A1B, A2 and A1FI illustrative marker scenarios are about 600, 700, 800, 850, 1250 and 1550 ppm respectively.

¹⁵ Scenarios B1, A1B, and A2 have been the focus of model inter-comparison studies and many of those results are assessed in this report.

- Warming tends to reduce land and ocean uptake of atmospheric carbon dioxide, increasing the fraction of anthropogenic emissions that remains in the atmosphere. For the A2 scenario, for example, the climate-carbon cycle feedback increases the corresponding global average warming at 2100 by more than 1°C. Assessed upper ranges for temperature projections are larger than in the TAR (see Table SPM-2) mainly because the broader range of models now available suggests stronger climate-carbon cycle feedbacks.. {7.3, 10.5}

Table SPM-2. Projected globally averaged surface warming and sea level rise at the end of the 21st century for different model cases. The sea level projections do not include uncertainties in carbon-cycle feedbacks, because a basis in published literature is lacking. {10.5, 10.6, Table 10.7}

Case	Temperature Change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) ^a		Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999)
	Best estimate	Likely range	Model-based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow
Constant Year 2000 concentrations ^c	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 scenario	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
A1B scenario	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 scenario	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1FI scenario	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

Notes:

^a These estimates are assessed from a hierarchy of models that encompass a simple climate model, several EMICs, and a large number of AOGCMs.

^c Year 2000 constant composition is derived from AOGCMs only

- Model-based projections of global average sea level rise at the end of the 21st century (2090-2099) are shown in Table SPM-2. For each scenario, the midpoint of the range in Table SPM-2 is within 10% of the TAR model average for 2090-2099. The ranges are narrower than in the TAR mainly because of improved information about some uncertainties in the projected contributions.¹⁶ {10.6}
- Models used to date do not include uncertainties in climate-carbon cycle feedback nor do they include the full effects of changes in ice sheet flow, because a basis in published literature is lacking. The projections include a contribution due to increased ice flow from Greenland and Antarctica at the rates observed for 1993-2003, but these flow rates could increase or decrease in the future. For example, if this contribution were to grow linearly with global average temperature change, the upper ranges of sea level rise for SRES scenarios shown in Table SPM-2 would increase by 0.1 m to 0.2 m. Larger values cannot be excluded, but understanding of these effects is too limited to assess their likelihood or provide a best estimate or an upper bound for sea level rise. {10.6}

¹⁶ TAR projections were made for 2100, whereas projections in this Report are for 2090-2099. The TAR would have had similar ranges to those in Table SPM-2 if it had treated the uncertainties in the same way.

- Increasing atmospheric carbon dioxide concentrations lead to increasing acidification of the ocean. Projections based on SRES scenarios give reductions in average global surface ocean pH¹⁷ of between 0.14 and 0.35 units over the 21st century, adding to the present decrease of 0.1 units since pre-industrial times. {5.4, Box 7.3, 10.4}

There is now higher confidence in projected patterns of warming and other regional-scale features, including changes in wind patterns, precipitation, and some aspects of extremes and of ice. {8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1}

- Projected warming in the 21st century shows scenario-independent geographical patterns similar to those observed over the past several decades. Warming is expected to be greatest over land and at most high northern latitudes, and least over the Southern Ocean and parts of the North Atlantic ocean (see Figure SPM-5). {10.3}
- Snow cover is projected to contract. Widespread increases in thaw depth are projected over most permafrost regions. {10.3, 10.6}
- Sea ice is projected to shrink in both the Arctic and Antarctic under all SRES scenarios. In some projections, Arctic late-summer sea ice disappears almost entirely by the latter part of the 21st century. {10.3}
- It is *very likely* that hot extremes, heat waves, and heavy precipitation events will continue to become more frequent. {10.3}
- Based on a range of models, it is likely that future tropical cyclones (typhoons and hurricanes) will become more intense, with larger peak wind speeds and more heavy precipitation associated with ongoing increases of tropical SSTs. There is less confidence in projections of a global decrease in numbers of tropical cyclones. The apparent increase in the proportion of very intense storms since 1970 in some regions is much larger than simulated by current models for that period. {9.5, 10.3, 3.8}
- Extra-tropical storm tracks are projected to move poleward, with consequent changes in wind, precipitation, and temperature patterns, continuing the broad pattern of observed trends over the last half-century. {3.6, 10.3}
- Since the TAR there is an improving understanding of projected patterns of precipitation. Increases in the amount of precipitation are *very likely* in high-latitudes, while decreases are likely in most subtropical land regions (by as much as about 20% in the A1B scenario in 2100, see Figure SPM-6), continuing observed patterns in recent trends. {3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2 to 11.9}
- Based on current model simulations, it is *very likely* that the meridional overturning circulation (MOC) of the Atlantic Ocean will slow down during the 21st century. The multi-model average reduction by 2100 is 25% (range from zero to about 50%) for SRES emission scenario A1B. Temperatures in the Atlantic region are projected to increase despite such changes due to the much larger warming associated with projected increases of greenhouse gases. It is very unlikely that the MOC will undergo a large abrupt transition during the 21st century. Longer-term changes in the MOC cannot be assessed with confidence. {10.3, 10.7}

Anthropogenic warming and sea level rise would continue for centuries due to the timescales associated with climate processes and feedbacks, even if greenhouse gas concentrations were to be stabilized. {10.4, 10.5, 10.7}

- Climate-carbon cycle coupling is expected to add carbon dioxide to the atmosphere as the climate system warms, but the magnitude of this feedback is uncertain. This increases the uncertainty in the trajectory of carbon dioxide emissions required to achieve a particular stabilisation level of atmospheric carbon dioxide concentration. Based on current understanding of climate carbon cycle feedback, model studies suggest that

¹⁷ Decreases in pH correspond to increases in acidity of a solution. See Glossary for further details.

to stabilise at 450 ppm carbon dioxide, could require that cumulative emissions over the 21st century be reduced from an average of approximately 670 [630 to 710] GtC to approximately 490 [375 to 600] GtC. Similarly, to stabilise at 1000 ppm this feedback could require that cumulative emissions be reduced from a model average of approximately 1415 [1340 to 1490] GtC to approximately 1100 [980 to 1250] GtC. {7.3, 10.4} [Add GtCO₂ numbers].

- If radiative forcing were to be stabilized in 2100 at B1 or A1B levels¹¹ a further increase in global mean temperature of about 0.5°C would still be expected, mostly by 2200. {10.7}
- If radiative forcing were to be stabilized in 2100 at A1B levels¹¹, thermal expansion alone would lead to 0.3 to 0.8 m of sea level rise by 2300 (relative to 1980–1999). Thermal expansion would continue for many centuries, due to the time required to transport heat into the deep ocean. {10.7}
- Contraction of the Greenland ice sheet is projected to continue to contribute to sea level rise after 2100. Current models suggest ice mass losses increase with temperature more rapidly than gains due to precipitation and that the surface mass balance becomes negative at a global average warming (relative to pre-industrial values) in excess of 1.9 to 4.6°C. If a negative surface mass balance were sustained for millennia, that would lead to virtually complete elimination of the Greenland ice sheet and a resulting contribution to sea level rise of about 7 m. The corresponding future temperatures in Greenland are comparable to those inferred for the last interglacial period 125,000 years ago, when paleoclimatic information suggests reductions of polar land ice extent and 4 to 6 m of sea level rise. {6.4, 10.7}
- Dynamical processes related to ice flow not included in current models but suggested by recent observations could increase the vulnerability of the ice sheets to warming, increasing future sea level rise. Understanding of these processes is limited and there is no consensus on their magnitude. {4.6, 10.7}
- Current global model studies project that the Antarctic ice sheet will remain too cold for widespread surface melting and is expected to gain in mass due to increased snowfall. However, net loss of ice mass could occur if dynamical ice discharge dominates the ice sheet mass balance. {10.7}
- Both past and future anthropogenic carbon dioxide emissions will continue to contribute to warming and sea level rise for more than a millennium, due to the timescales required for removal of this gas from the atmosphere. {7.3, 10.3}

The Emission Scenarios of the IPCC Special Report on Emission Scenarios (SRES)¹⁸

A1. The A1 storyline and scenario family describes a future world of very rapid economic growth, global population that peaks in mid-century and declines thereafter, and the rapid introduction of new and more efficient technologies. Major underlying themes are convergence among regions, capacity building and increased cultural and social interactions, with a substantial reduction in regional differences in per capita income. The A1 scenario family develops into three groups that describe alternative directions of technological change in the energy system. The three A1 groups are distinguished by their technological emphasis: fossil intensive (A1FI), non-fossil energy sources (A1T), or a balance across all sources (A1B) (where balanced is defined as not relying too heavily on one particular energy source, on the assumption that similar improvement rates apply to all energy supply and end use technologies).

A2. The A2 storyline and scenario family describes a very heterogeneous world. The underlying theme is self reliance and preservation of local identities. Fertility patterns across regions converge very slowly, which results in continuously increasing population. Economic development is primarily regionally oriented and per capita economic growth and technological change more fragmented and slower than other storylines.

B1. The B1 storyline and scenario family describes a convergent world with the same global population, that peaks in mid-century and declines thereafter, as in the A1 storyline, but with rapid change in economic structures toward a service and information economy, with reductions in material intensity and the introduction of clean and resource efficient technologies. The emphasis is on global solutions to economic, social and environmental sustainability, including improved equity, but without additional climate initiatives.

B2. The B2 storyline and scenario family describes a world in which the emphasis is on local solutions to economic, social and environmental sustainability. It is a world with continuously increasing global population, at a rate lower than A2, intermediate levels of economic development, and less rapid and more diverse technological change than in the B1 and A1 storylines. While the scenario is also oriented towards environmental protection and social equity, it focuses on local and regional levels.

An illustrative scenario was chosen for each of the six scenario groups A1B, A1FI, A1T, A2, B1 and B2. All should be considered equally sound.

The SRES scenarios do not include additional climate initiatives, which means that no scenarios are included that explicitly assume implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change or the emissions targets of the Kyoto Protocol.

¹⁸ Emission scenarios are not assessed in this Working Group One report of the IPCC. This box summarizing the SRES scenarios is taken from the TAR and has been subject to prior line by line approval by the Panel.

Changes in Greenhouse Gases from ice-Core and Modern Data

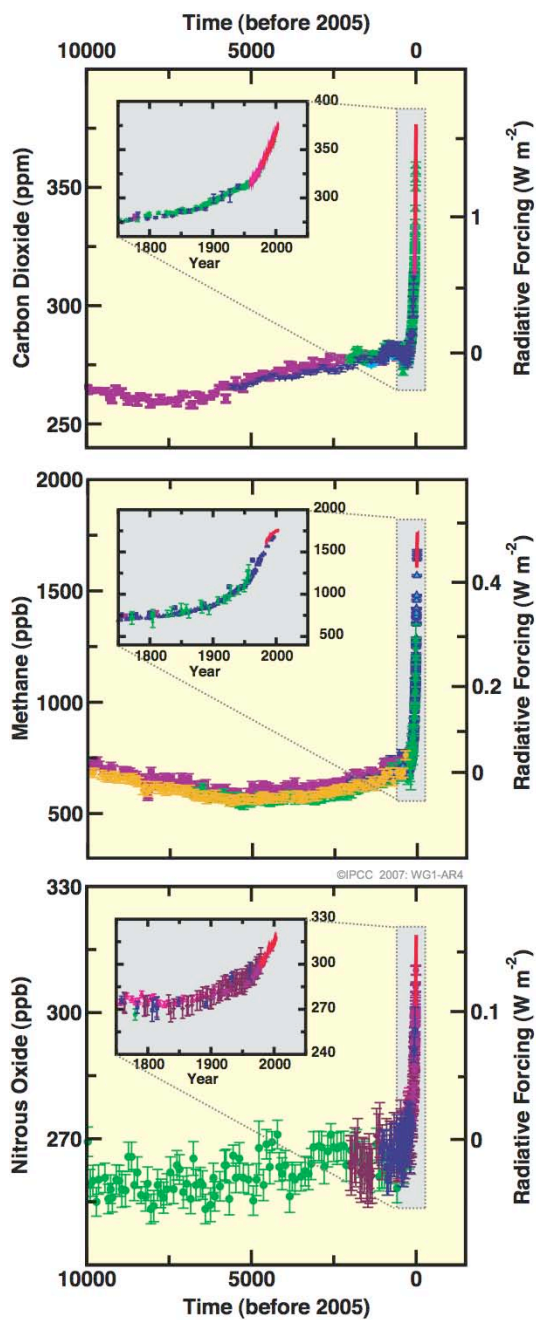


FIGURE SPM-1. Atmospheric concentrations of carbon dioxide, methane and nitrous oxide over the last 10,000 years (large panels) and since 1750 (inset panels). Measurements are shown from ice cores (symbols with different colours for different studies) and atmospheric samples (red lines). The corresponding radiative forcings are shown on the right hand axes of the large panels. {Figure 6.4}

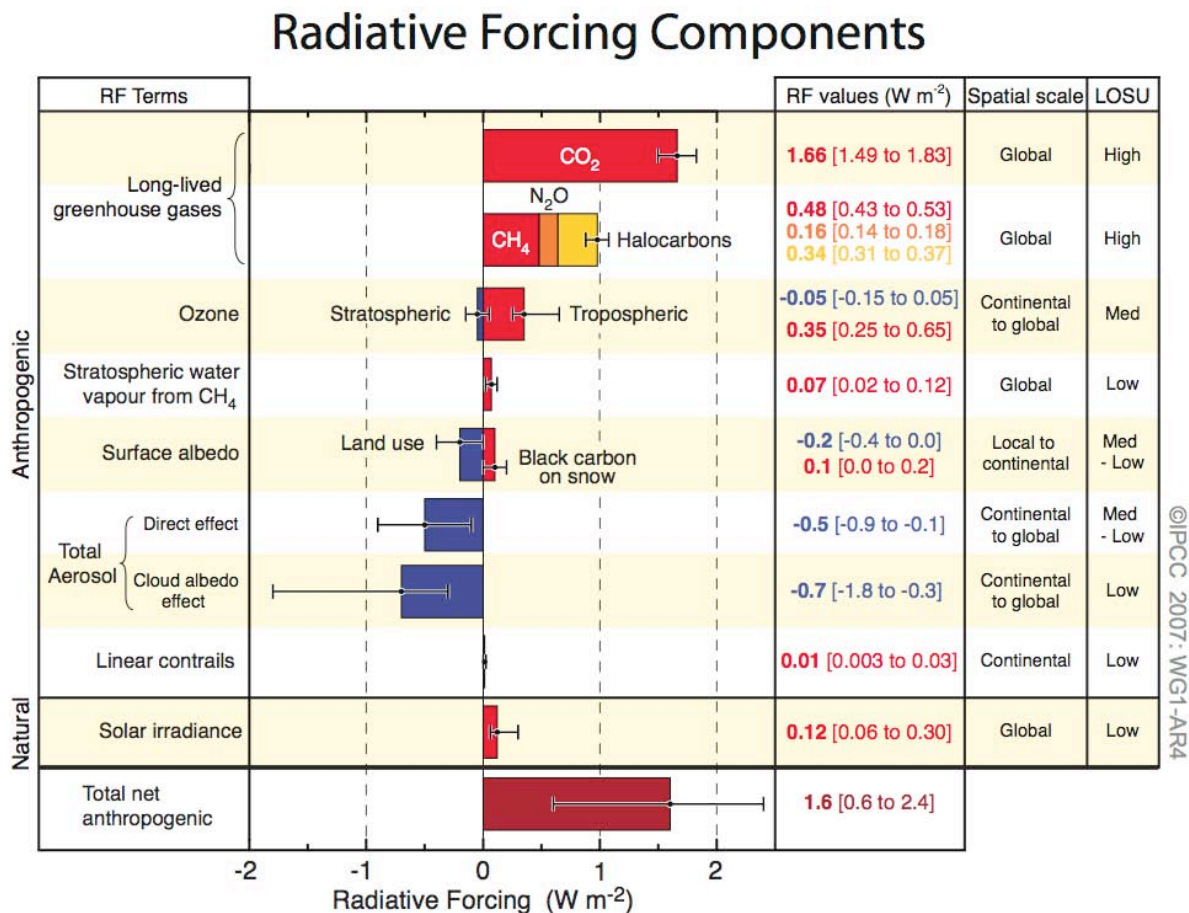


FIGURE SPM-2. Global-average radiative forcing (RF) estimates and ranges in 2005 for anthropogenic carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O) and other important agents and mechanisms, together with the typical geographical extent (spatial scale) of the forcing and the assessed level of scientific understanding (LOSU). The net anthropogenic radiative forcing and its range are also shown. These require summing asymmetric uncertainty estimates from the component terms, and cannot be obtained by simple addition. Additional forcing factors not included here are considered to have a very low LOSU. Volcanic aerosols contribute an additional natural forcing but are not included in this figure due to their episodic nature. Range for linear contrails does not include other possible effects of aviation on cloudiness. {2.9, Figure 2.20}

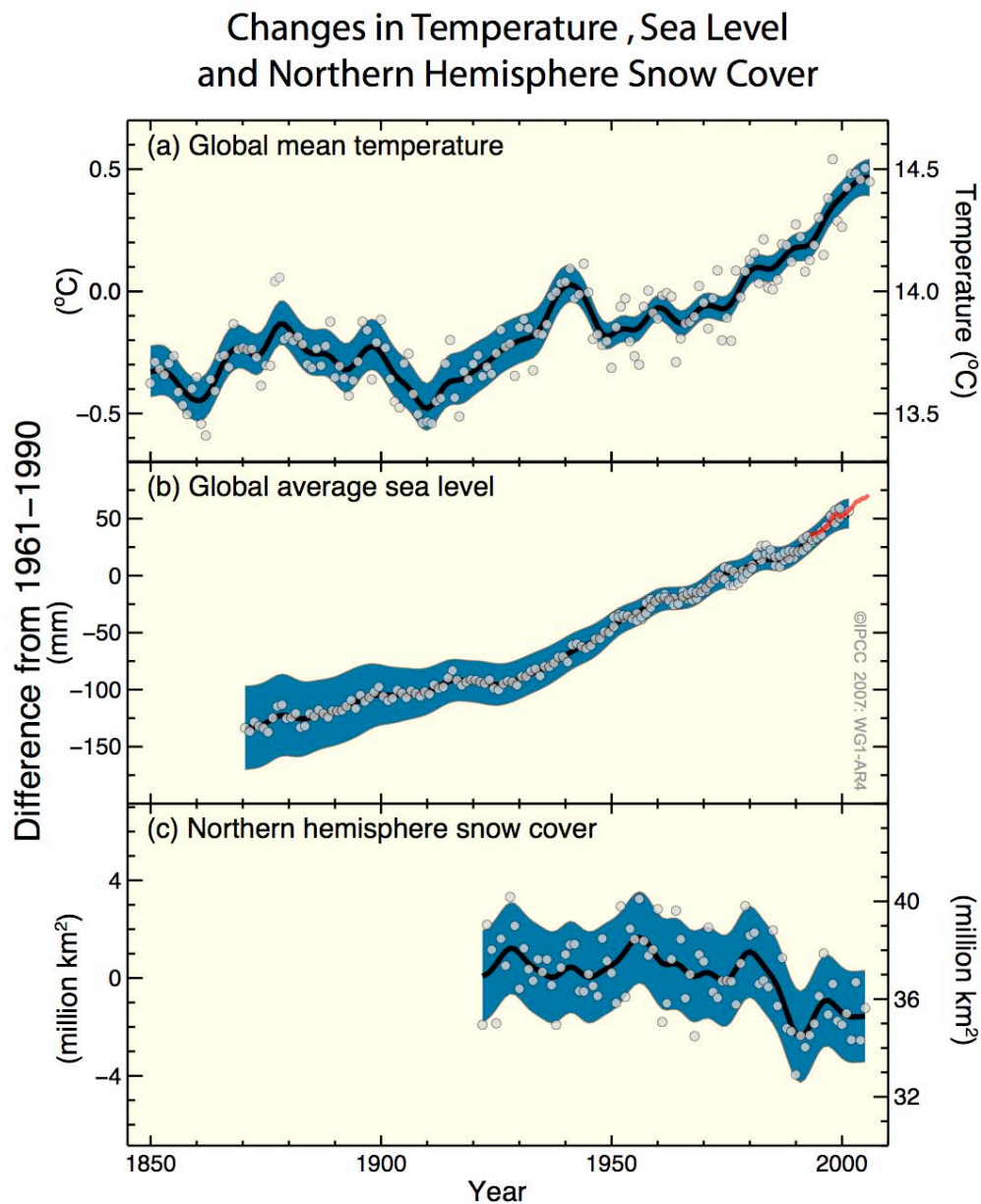


FIGURE SPM-3. Observed changes in (a) global average surface temperature; (b) global average sea level rise from tide gauge (blue) and satellite (red) data and (c) Northern Hemisphere snow cover for March-April. All changes are relative to corresponding averages for the period 1961-1990. Smoothed curves represent decadal averaged values while circles show yearly values. The shaded areas are the uncertainty intervals estimated from a comprehensive analysis of known uncertainties (a and b) and from the time series (c). {FAQ 3.1, Figure 1, Figure 4.2 and Figure 5.13}

Global and Continental Temperature Change

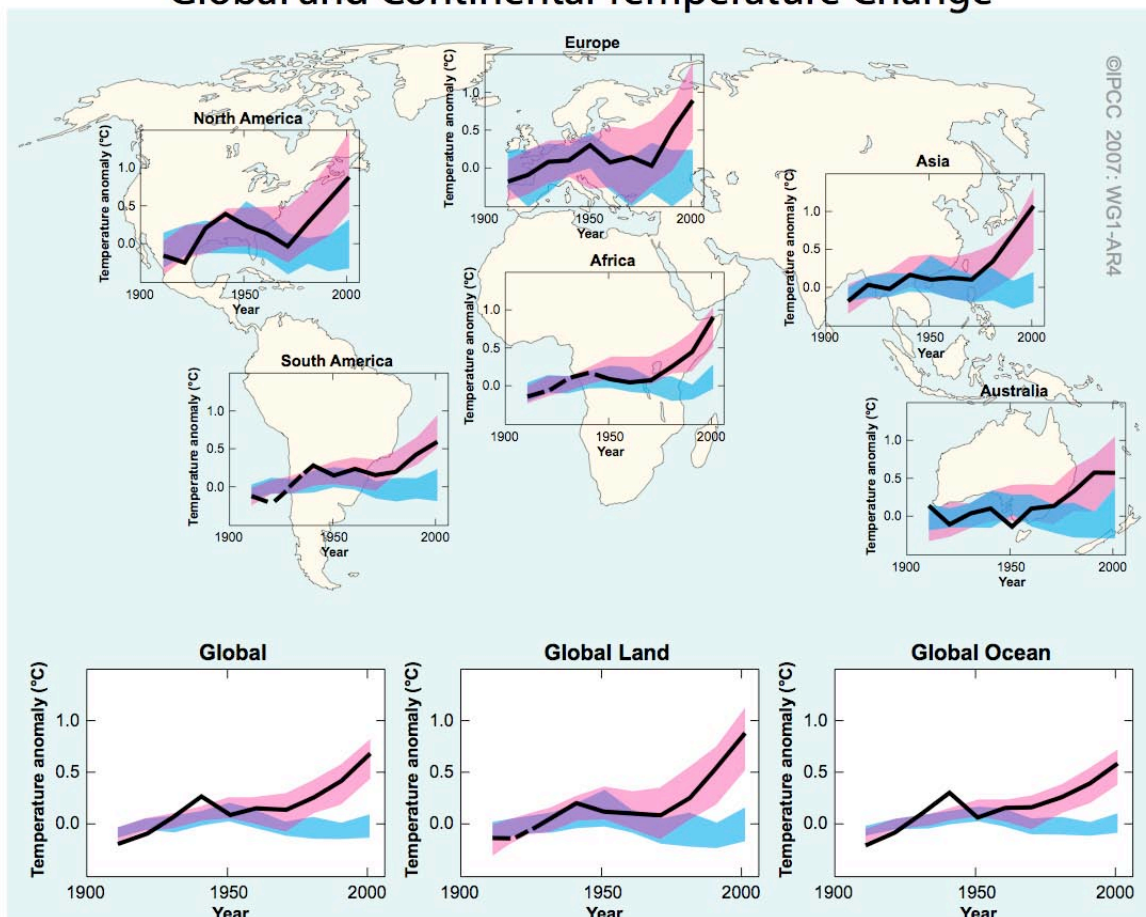


FIGURE SPM-4. Comparison of observed continental- and global-scale changes in surface temperature with results simulated by climate models using natural and anthropogenic forcings. Decadal averages of observations are shown for the period 1906–2005 (black line) plotted against the centre of the decade and relative to the corresponding average for 1901–1950. Lines are dashed where spatial coverage is less than 50%. Blue shaded bands show the 5–95% range for 19 simulations from 5 climate models using only the natural forcings due to solar activity and volcanoes. Red shaded bands show the 5–95% range for 58 simulations from 14 climate models using both natural and anthropogenic forcings. {FAQ 9.2, Figure 1}

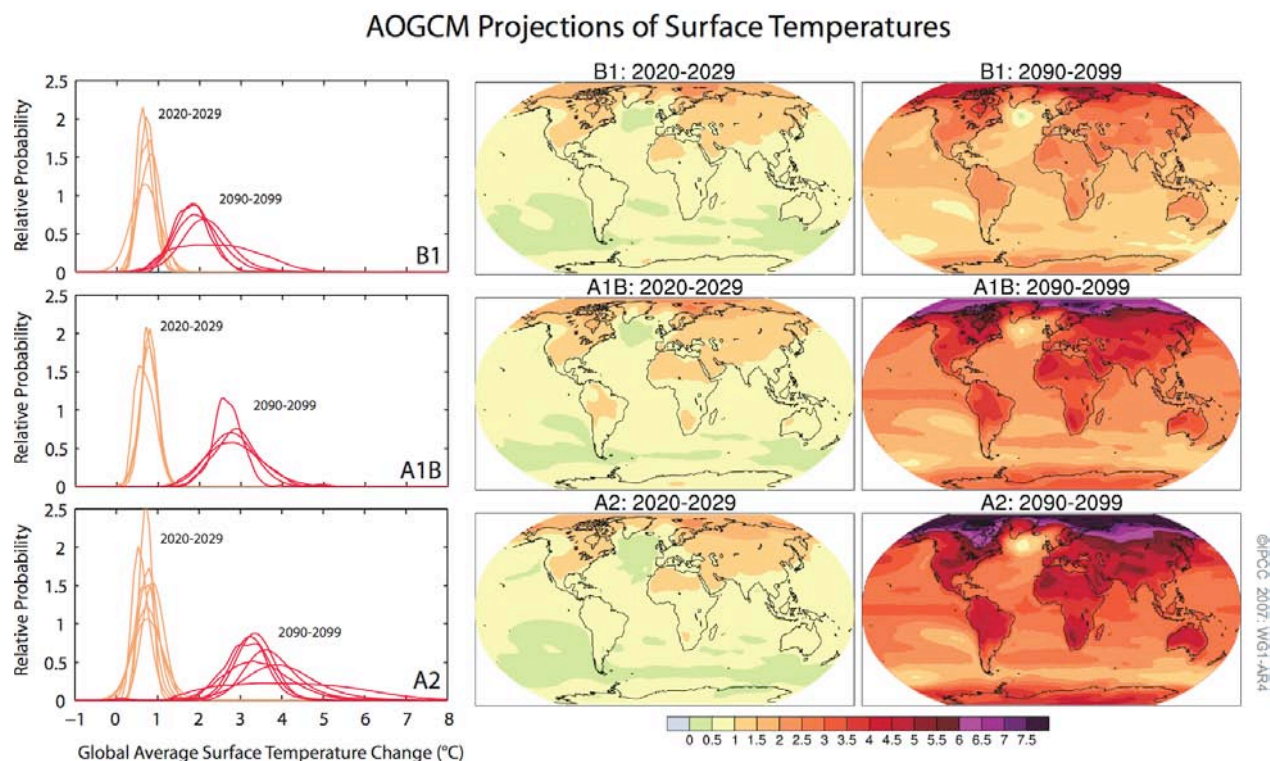


FIGURE SPM-5. Projected surface temperature changes for the early and late 21st century relative to the period 1980–1999. The central and right panels show the Atmosphere-Ocean General Circulation multi-Model average projections for the B1 (top), A1B (middle) and A2 (bottom) SRES scenarios averaged over decades 2020–2029 (center) and 2090–2099 (right). The left panel shows corresponding uncertainties as the relative probabilities of estimated global average warming from several different AOGCM and EMICs studies for the same periods. Some studies present results only for a subset of the SRES scenarios, or for various model versions. Therefore the difference in the number of curves, shown in the left-hand panels, is due only to differences in the availability of results. {Figures 10.8 and 10.28}

Projected Patterns of Precipitation Changes

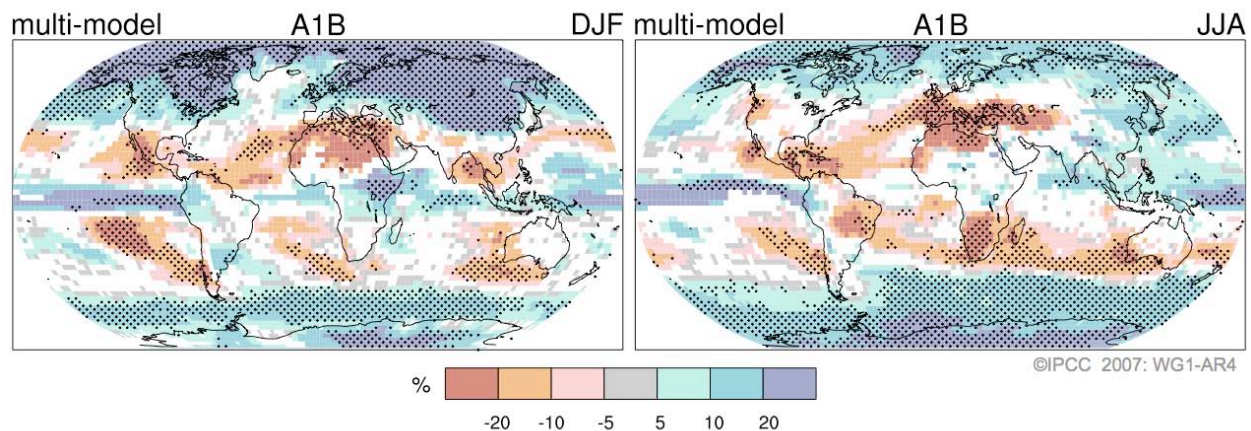


FIGURE SPM-6. Relative changes in precipitation (in percent) for the period 2090–2099, relative to 1980–1999. Values are multi-model averages based on the SRES A1B scenario for December to February (left) and June to August (right). White areas are where less than 66% of the models agree in the sign of the change and stippled areas are where more than 90% of the models agree in the sign of the change. {Figure 10.9}

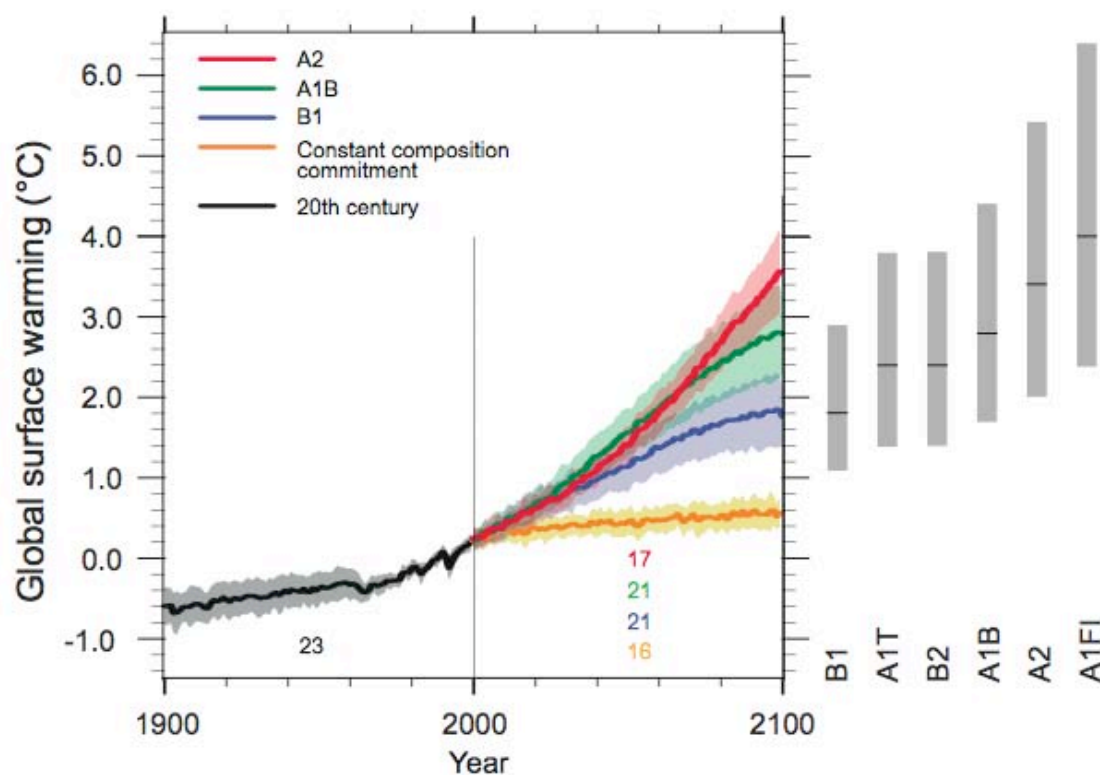


Figure SPM-7. Solid lines are multi-model global averages of surface warming (relative to 1980-99) for the scenarios A2, A1B and B1, shown as continuations of the 20th century simulations. Shading denotes the plus/minus one standard deviation range of individual model annual means. The number of AOGCMs run for a given time period and scenario is indicated by the coloured numbers at the bottom part of the panel. The orange line is for the experiment where concentrations were held constant at year 2000 values. The gray bars at right indicate the best estimate (solid line within each bar) and the likely range assessed for the six SRES marker scenarios. The assessment of the best estimate and likely ranges in the gray bars includes the AOGCMs in the left part of the figure, as well as results from a hierarchy of independent models and observational constraints (Figs. 10.4 and 10.29)

[To be changed:

Change annotation from constant composition to year 2000 constant concentration.

Colour central bar in grey bars and lettering to match A2, A1B, B1 curves as appropriate.

Drop model numbers and move to caption].