

Erklärung der weltweiten aquatischen wissenschaftlichen Fachgesellschaften zur Notwendigkeit, auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse dringend Maßnahmen gegen den vom Menschen verursachten Klimawandel zu ergreifen

*American Fisheries Society (AFS) • American Institute of Fishery Research Biologists
American Society of Ichthyologists and Herpetologists • American Water Resources Association
Asian Fisheries Society • Asociación de Oceanólogos de México, A.C.
Asociación Internacional de Hidrogeólogos - Mexico Chapter
Asociația Română de Limnogeografie (Romanian Limnogeographical Association)
Association Française de Limnologie / French Limnological Association [EFFS member*]
Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia [EFFS member*] • Australian Coral Reef Society
The Australian Freshwater Sciences Society • Australian Marine Sciences Association
Australian Meteorological and Oceanographic Society • Australian Society for Fish Biology • BirdLife Australia
Blue Ventures • The Brazilian Society of Ichthyology • British Phycological Society
Canadian Aquatic Resources Section (CARS) of AFS • Canadian Centre for Evidence-based Conservation
Canadian Conference for Fisheries Research • Canadian Society of Zoologists
Coastal & Estuarine Research Federation • Coastal Research and Education Society of Long Island (CRESLI)
The Coastal Society • Community of Arran Seabed Trust • Conchological Society of Great Britain and Ireland
Croatian Association of Freshwater Ecologists (CAFE, HUSEK) [EFFS member]
Czech Limnological Society [EFFS member*] • Deep Ocean Stewardship Initiative (Climate and Fisheries WG)
Desert Fishes Council • EFYR European Fresh and Young Scientists [EFFS member]
European Federation for Freshwater Sciences (EFFS) Finnish Limnological Society [EFFS member]
Fisheries Society of the British Isles • The Freshwater Biological Association [EFFS member*]
Freshwater Fisheries Society of BC • Freshwater Mollusk Conservation Society • German Ichthyological Society
German Limnological Society (DGL) [EFFS member*] • Gilbert Ichthyological Society
Hungarian Hydrological Society [EFFS member] • Hydroecological Society of Ukraine
The Hydrographic Society of America • The Hydrozoan Society • Iberian Association of Limnology [EFFS member]
Ichthyological Society of Japan • Ichthyological Society of Ukraine • The Institute of Fisheries Management International Association for Danube Research • International Association for Great Lakes Research (IAGLR) International Association of Aquatic and Marine Science Libraries and Information Centers (IAMSLIC) International Coral Reef Society • International Federation of Hydrographic Societies • International Peatland Society International Phycological Society • International Seaweed Association • International Society of Limnology International Water History Association • Irish Freshwater Sciences Association [EFFS member]
The Japanese Society of Fisheries Science • Lake Victoria Fisheries Association
The Limnological Society of Turkey [EFFS member] • Living Oceans Society • Macrolatinos@ Network Malacological Society of London • Marine and Oceanographic Technology Network
The Marine Biological Association of India • Marine Biological Association of the United Kingdom
Marine Stewardship Council • National Association of Marine Laboratories (NAML)
Netherlands Malacological Society (Nederlandse Malacologische Vereniging)
The New Zealand Freshwater Sciences Society (NZFSS) • North American Lake Management Society
Oceania Chondrichthyan Society • Ocean Conservation Society • Philippine Association of Marine Science
Phycological Society of America • Polish Limnological Society [EFFS member*]
Romanian Ecological Society [EFFS member] • Scientific Committee on Antarctic Research
Serbian Water Pollution Control Society SWPCS [EFFS member] • SIL Austria [EFFS member*]
Slovak Ichthyological Society • Slovak Limnological Society (SLS) [EFFS member*] • Sociedad Chilena de Limnología Sociedad Científica Mexicana de Ecología, A.C. • Sociedad Iberica de Ictiología • Sociedad Ictiológica Mexicana Sociedad Mexicana de Planctología A.C.
Sociedad Mexicana para el Estudio de los Florecimientos Algales Nocivos (SOMEFAN; Mexican Society for the Study of Harmful Algal Blooms • Sociedade Brasileira de Carcinologia • Société Française d'Ichtyologie
Society for Conservation Biology Marine Policy Section • Society for Freshwater Science
The Society for Marine Mammalogy • Society for the Study of Amphibians and Reptiles
Society of Canadian Limnologists/Société canadienne de Limnologie (SC) • Society of Wetland Scientists
Southern African Soc. Aquatic Scientists • Spanish Malacological Society (Sociedad Española de Malacología)
Swiss Hydrological and Limnological Society [EFFS member*] • Vietnam Fisheries Society (VINAFIS)
Western Indian Ocean Marine Science Association • Wild Oceans • World Aquaculture Society
The World Council of Fisheries Societies • World Sturgeon Conservation Society • Zoological Society of Pakistan*

* Bezeichnet sowohl einen Teil des EFFS, der unterzeichnet hat, als auch eine Gesellschaft, die einzeln unterzeichnet hat.

Wasser ist die wichtigste natürliche Ressource der Erde, da es essenziell für jegliches Leben ist. Aquatische Ökosysteme, ob Süß- oder Meerwasser, bieten der menschlichen Gesellschaft vielfältige Vorteile, wie die Versorgung mit Sauerstoff, Nahrung, Trinkwasser und genetischen Ressourcen, die Regulierung der atmosphärischen Zusammensetzung und des Klimas, die Wassergewinnung, die Abschwächung von Stürmen, die Eindämmung von Überschwemmungen/Dürren sowie als Erholungsgebiete. Unsere Existenz und unser Wohlbefinden hängen von der Gesundheit und dem Funktionieren der aquatischen Ökosysteme ab. Menschen leben bevorzugt am Wasser – etwa 40 % der Weltbevölkerung lebt innerhalb von nur 100 km von einer Küste entfernt.¹

Die weltweiten aquatischen Ressourcen sind heute der größten Bedrohung in der Geschichte der Menschheit ausgesetzt. Der vom Menschen verursachte Klimawandel beschleunigt die Verschlechterung des Zustands der aquatischen Ökosysteme wie auch der von ihnen erbrachten Ökosystemdienstleistungen. Aquatische Ökosysteme gehören weltweit zu den am stärksten vom Klimawandel betroffenen Lebensräumen; so zeigt z.B. der „Living Planet Index“ (ein Maß für die biologische Vielfalt) für Gewässer und Feuchtgebiete einen Rückgang der Arten um 83 % von 1970 bis 2014, während bis Mitte des Jahrhunderts bis zu 90 % der Korallenriffe verschwinden werden, wenn die gegenwärtigen Trends anhalten.²

Wir, die weltweite Gemeinschaft der Wissenschaftler mit dem Forschungsfokus auf aquatische Systeme, verbringen unser Leben damit, diese Lebensräume und ihre Bewohner zu studieren. Wir sehen außergewöhnliche und beunruhigende Veränderungen in den aquatischen Ökosystemen der Welt aufgrund des Klimawandels und sind der Auffassung, dass wir der Öffentlichkeit und den politischen Entscheidungsträgern weiterhin von Fachkollegen überprüfte wissenschaftliche Erkenntnisse zur Verfügung stellen müssen, um die Ernsthaftigkeit dieser Bedrohung und die Notwendigkeit sofortiger Maßnahmen zu unterstreichen. Die vom Weltwirtschaftsforum durchgeführte Bewertung globaler Risiken stufte zum ersten Mal die Auswirkungen des "Versagens des Klimapolitik", des "Verlusts der biologischen Vielfalt" und der "Wasserkrise" unter den größten fünf Risiken des nächsten Jahrzehnts ein.³ In den letzten Jahren hat die Migration weltweit zugenommen und die geopolitischen Spannungen haben sich verschärft: Zwischen 2008 und 2016 mussten jährlich mehr als 20 Millionen Menschen aufgrund extremer Wetterereignisse umziehen, während laut den Vereinten Nationen im Jahr 2017 Wasser in 45 Ländern ein wichtiger Konfliktfaktor war.³ Diese negativen Auswirkungen dürften unter den gegenwärtigen klimatischen Trends noch zunehmen. So wird beispielsweise in den Vereinigten Staaten der klimabedingte wirtschaftliche Schaden bis zum Ende des Jahrhunderts auf 10 % des Bruttoinlandsprodukts geschätzt.³ In Europa liegen die geschätzten Mindestkosten für die Nichtanpassung an den Klimawandel 2020 bei 100 Milliarden Euro pro Jahr, und werden für 2050 auf 250 Milliarden Euro pro Jahr geschätzt.⁴

Experten auf ökologischem, sozialem und wirtschaftlichem Gebiet weisen gemeinsam auf eine schwere ökologische und humanitäre Krise mit Auswirkungen auf globaler Ebene hin, wenn nicht dringend weltweit konzertierte Klimaschutzmaßnahmen durchgeführt werden.

Dieses Dokument fasst die wichtigsten wissenschaftlichen Erkenntnisse zusammen, die die Auswirkungen von Klimaveränderungen auf aquatische Ökosysteme beinhalten. Diese Ergebnisse geben Aufschluss darüber, welche Auswirkungen derzeit auftreten und warum die politischen Entscheidungsträger der Welt und die gesamte Menschheit gemeinsam handeln und jetzt konzertierte Aktionen einleiten müssen, wenn sie diese Auswirkungen abschwächen wollen.

Die Herausforderung

- Tausende begutachtete Studien von Wissenschaftlern aus maßgebenden Institutionen weltweit haben Beweise für bereits auftretende und weitreichende Klimaauswirkungen auf aquatische Systeme dokumentiert.⁵
- Viele weltweit respektierte Quellen, darunter die American Geophysical Union,⁶ nationale Wissenschaftsakademien aus Dutzenden von Ländern,⁷ der Intergovernmental Panel on Climate Change⁸ und die Fourth U.S. National Climate Assessment⁹ stützen Befunde, dass erhöhte atmosphärische Konzentrationen von Treibhausgasen aus fossilen Brennstoffen (d.h. Emissionen) und Landnutzungsänderungen wie die Entwaldung den derzeitigen Klimawandel vorantreiben.
- Viele dieser Veränderungen sind und werden irreversibel sein. Sie werden sich weiter verschlimmern, wenn wir auf unserem derzeitigen Kurs bleiben.¹⁰
- Die bereits eingetretenen Auswirkungen reichen von zunehmender Häufigkeit, Intensivierung und Schwere von Dürren, Hitzewellen, Überschwemmungen, Waldbränden und Stürmen, schmelzenden Gletschern, Destabilisierung der wichtigsten Eisschilde, Verschiebung der Meeresströmungen, Anstieg des Meeresspiegels, Versauerung und Sauerstoffentzug der Ozeane, Verschiebung der Artenvielfalt, einschließlich der Ausbreitung gebietsfremder invasiver Arten, Ausbrüchen von Wasserpflanzen- und Wildtierkrankheiten bis zu massenhafter Korallenbleiche und vielem mehr, mit einem wachsenden Einfluss auf anfällige Ökosysteme, menschliche Gesellschaften sowie lokale und globale Wirtschaften.¹¹
- Diese Ereignisse sind Vorboten noch größerer Schäden für die Fischerei, die biologische Vielfalt und die menschliche Gesellschaft insgesamt.¹²
- Eine Verzögerung der Maßnahmen zur Eindämmung der Ursachen des Klimawandels wird die wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Folgen verschärfen.¹³
- Wenn die Menschheit katastrophale Folgen für unsere aquatischen Ökosysteme und die von ihnen abhängigen Menschen vermeiden will, ist es jetzt an der Zeit, den Ausstoß von Treibhausgasen einzudämmen, Treibhausgase zurückzuhalten und sich an ein sich bereits wandelndes Klima anzupassen.¹⁴ Eine intelligente, rasche Bewegung hin zu solchen Zielen wäre für die aquatischen Ökosystemen und die von ihnen abhängigen Menschen von großem Vorteil.
- Eine schnelle globale Reaktion und groß angelegte Aktionen sind möglich, wenn das Engagement der Öffentlichkeit und der Regierung vorhanden ist.¹⁵

Die Beweise: Auswirkungen auf die Meeresressourcen

- Verschiebungen in der Artenzusammensetzung, im Verhalten, in der Häufigkeit und in der Biomasseproduktion finden bereits jetzt statt.¹⁶

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Hummer,¹⁷ Kabeljau,¹⁸ Makrele,¹⁹ Korallenfische²⁰ und andere für die Fischerei wichtige Arten²¹ bewegen sich entweder polwärts in tiefere Gewässer oder gehen zurück.²²
- Küstenökosysteme werden transformiert, degradiert oder gehen verloren, entweder weitgehend²³ oder zum Teil aufgrund des Klimawandels, einschließlich der Seegraswiesen,²⁴ Mangrovenwälder,²⁵ Korallenriffe²⁶ und Kelpwälder.²⁷
- Die Auswirkungen veränderter Artenzusammensetzungen wirken sich auf ganze Ökosysteme aus.²⁸
- Kohlenstoffdioxidemissionen verursachen eine globale Versauerung der Ozeane, die das Überleben von Organismen, insbesondere von Schalentieren, beeinträchtigt und die Erosion der Korallenriffe beschleunigt.²⁹
- Die zunehmende Häufigkeit und Intensität von Hitzewellen im Meer ist dokumentiert und wird voraussichtlich anhalten.³⁰
- Die Konzentration des gelösten Sauerstoffs in den Ozeanen ist in den letzten fünf Jahrzehnten weltweit zurückgegangen.³¹
- Der Klimawandel interagiert mit anderen Stressoren wie übermäßigem Nährstoffeintrag,³² Überfischung³³ und neuartigen Wechselwirkungen zwischen den Arten³⁴, und übt so weiteren Druck auf marine Ökosysteme aus.
- Der Klimawandel steht im Zusammenhang mit sich abzeichnenden und wieder auftretenden Krankheitsausbrüchen mariner Tier- und Pflanzenarten.³⁵
- Die globale Produktion von Meerestieren nimmt weiter ab, und die Verschiebungen in der Artenzusammensetzung werden zunehmen, wenn die Treibhausgasemissionen nicht reduziert werden.³⁶
- Seevögel sind als Indikatoren für langfristige Umweltveränderungen anerkannt: Fast drei Viertel der weltweiten Seevogelbestände sind seit 1950 verschwunden, und mehr als die Hälfte der verbleibenden Arten ist erheblich bedroht.³⁷ Allein in Nordamerika sind zwei Drittel (389/604) der Vogelarten, zu denen auch Wasservögel gehören, bei einem 3 °C-Szenario des Klimawandels mäßig bis sehr gefährdet.³⁸

Der Beweis: Auswirkungen auf die Süßwasservorräte

- Süßwasser-Ökosysteme gehören zu den am stärksten bedrohten Ökosystemen der Erde.³⁹
- Süßwasser-Ökosysteme bedecken weniger als 1 % der Erdoberfläche, beherbergen aber ein Drittel der Wirbeltierarten, und 10 % aller Arten.⁴⁰
- Die Anpassungsfähigkeit der Süßwasser-Ökosysteme ist bedingt durch ihre Systemeigenschaften und durch das Ausmaß der Auswirkungen des Klimawandels relativ gering.⁴¹
- Der Klimawandel verändert die Häufigkeit, die Räuber-Beute-Dynamik, das Wachstum, die Bestandsentwicklung von Arten und begünstigt die Ausbreitung invasiver Arten und neuartige Arteninteraktionen, was zu einem Rückgang der Anzahl und Vielfalt von Süßwasserorganismen führt.⁴²
- Häufigere, intensivere und längere Dürreperioden beeinflussen die Menge und Qualität des Süßwassers, das sowohl für aquatische Ökosysteme als auch für den Menschen verfügbar ist.⁴³
- Der Klimawandel wirkt sich auf das Abflussregime von Gewässern aus, mit der Folge von vermehrten Dürren und Niedrigwasserperioden als auch von vermehrten Überschwemmungen. Dies hat Auswirkungen auf einheimische Arten mit speziellen Ansprüchen an das Abflussregime und ermöglicht die

Aquatic science shows need for immediate climate action

Ausbreitung gebietsfremder invasiver Arten, wiederum mit Folgen für die Freizeit- und Berufsfischerei, oder auch die Verkrautung von Wasserläufen.⁴⁴

- Die geographischen Verbreitungsgebiete vieler Pflanzen und Tiere haben sich polwärts und in größere Höhen verlagert, während sich gebietsfremde invasive Arten mit der zunehmenden Erwärmung ausbreiten.⁴⁵ Im Gegensatz zu marinen Systemen sind die Ausbreitungswege zwischen Süßwasserlebensräumen oft nicht (mehr) passierbar, was zu lokalem Aussterben führt.⁴⁶
- Zeitliche Verschiebungen saisonaler Signale, wie z.B. Frühjahrshochwässer oder Monsunzeiten, beeinflussen den Laicherfolg von Fischen und führen zu einer geringeren Überlebensrate.⁴⁷
- Vermehrt auftretende Waldbrände beeinträchtigen aquatische Systeme, indem sie Wassereinzugsgebiete anfälliger für Überschwemmungen machen und die Wasserqualität verringern, insbesondere durch Asche und Sedimentablagerungen nach Bränden.⁴⁸
- Die Kapazität von Feuchtgebieten zur Speicherung von Kohlenstoff und zur Eindämmung des Klimawandels wird durch ein Zusammenspiel von Klimawandel und anderen Komponenten des globalen Wandels, wie z.B. verstärkte Landentwicklung und Brände, verringert.⁴⁹
- Höhere Temperaturen und Niederschlagsabflüsse haben schädliche Algenblüten verstärkt, die Fischen, Säugetieren, Vögeln und sogar Menschen schaden können.⁵⁰
- Der Klimawandel kann synergistisch mit Nährstoffen wirken und so Eutrophierung verstärken und die Wasserqualität und Ökosystemleistungen weiter verschlechtern, was sich wiederum auch auf das Trinkwasser auswirken kann.⁵¹
- Organismen, die von Schneeschmelze und Gletscherbächen abhängig sind, nehmen in ihren Häufigkeiten ab oder erfahren Arealverschiebungen.⁵²
- Die Freisetzung von Schwermetallen wie Quecksilber, das derzeit in Gletschern und im Permafrost gespeichert ist, wird voraussichtlich weitere Auswirkungen auf Süßwasserorganismen haben.⁵³
- Der Klimawandel steht im Zusammenhang mit sich abzeichnenden und wieder auftretenden Krankheitsausbrüchen bei Tieren und Pflanzen des Süßwassers.⁵⁴
- Diese scheinbar vielfältigen und kleinräumigen Veränderungen führen zusammen zu vielfältigen, kumulativ belastenden Herausforderungen für aquatische Arten.⁵⁵

Die Beweise: Auswirkungen auf die von aquatischen Ressourcen abhängige Weltgesellschaft.

- Sauberes und ausreichend viel Wasser wird von allen Lebensformen benötigt.
- Die Fischerei liefert hochwertige Proteine, die nicht leicht durch terrestrische Quellen ersetzt werden können. Nach Angaben der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen macht Fisch 17 % des weltweit konsumierten tierischen Eiweißes aus, Fischerei und Aquakultur beschäftigen direkt fast 60 Millionen Menschen und der weltweite Handel mit Fischprodukten hat ein Volumen von 152 Milliarden US-Dollar pro Jahr erreicht, wobei 54 % aus Entwicklungsländern stammen.⁵⁶
- Kurzfristig entstehen neue Fischereimöglichkeiten in einigen neu gebildeten eisfreien Gebieten⁵⁷; es wird jedoch damit gerechnet, dass die Gesamtfangmengen der Fischerei aufgrund der zunehmenden Verschlechterung

Aquatic science shows need for immediate climate action

der Wasserqualität und der Primärproduktion infolge des Klimawandels zurückgehen werden, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit.⁵⁸ Die Erwärmung der Ozeane und Veränderungen der Primärproduktivität hängen mit Veränderungen vieler Fischbestände zusammen. Die Erholung von Fischpopulationen ist um 3 % pro Jahrzehnt, und das maximale Fangpotenzial ist im 20. Jahrhundert um 4,1 % zurückgegangen.⁵⁹ Es wird prognostiziert, dass der Anstieg der Wassertemperatur infolge des Klimawandels bis 2100 die Toleranzgrenzen von 10-60 % der Süßwasser- und Meerestierarten überschreiten wird, je nach der Menge der erlaubten Treibhausgasemissionen.⁶⁰

- Die Auswirkungen des Klimawandels auf aquatische Ökosysteme wirken sich auf Einkommen, Ernährungssicherheit, wichtige kulturelle Dimensionen und die Lebensgrundlagen der von Ressourcen abhängigen Gemeinschaften aus.⁶¹
- Artenverschiebungen beeinträchtigen die traditionelle Fischerei von den Tropen bis in die Polarregionen durch den eingeschränkten Zugang zu Fischbeständen, Fischfanggebieten und den Verlust von lokalem Wissen.⁶²
- Der Klimawandel verstärkt die Auswirkungen anderer Problembereiche wie Umweltverschmutzung, Überfischung und nicht nachhaltige Küstenentwicklung. Diese kombinierten Auswirkungen werden voraussichtlich dazu führen, dass viele kleine Fischereibetriebe und Wirtschaftsbereiche ihre Existenz verlieren.⁶³
- Die Erwärmung der Gewässer beeinträchtigt die Nahrungsmittelsicherheit durch erhöhte Bioakkumulation von Schwermetallen und Schadstoffen in Meeresfrüchten sowie durch ein erhöhtes Vorkommen aquatischer Krankheitserreger, die die Gesundheit von Mensch und Tier beeinträchtigen.⁶⁴
- Tourismus und touristische Ziele sind in vielen Gebieten betroffen, da sie von lokalen Ökosystemen abhängig sind. Nachhaltiges Tauchen, Schnorcheln, Angeln, Beobachten von Meeressäugtieren und Vögeln sowie andere Freizeitaktivitäten und Geschäfte hängen von der Erhaltung gesunder aquatischer Ressourcen ab.⁶⁵
- Durch den Klimawandel werden Küstenökosysteme wie Mangroven, Seegrasbestände, Sümpfe, Torfmoore und Korallenriffe geschädigt, die Dienstleistungen für den Menschen erbringen, wie Küsten vor Erosion, Stürmen und Überschwemmungen zu schützen, wichtige Lebensräume für Wildtiere zu bieten und Kohlenstoffdioxid zu binden.⁶⁶
- Der Klimawandel schädigt Uferökosysteme, die für den Menschen Dienstleistungen erbringen wie z.B. den Schutz vor Überflutung, das Abfangen von Schadstoffen, die Verringerung der Erosion, die Bereitstellung von Schatten und Lebensraum für Wildtiere, die Kohlenstoffdioxidbindung und die Speicherung von Wasser bei Hochwasserereignissen.⁶⁷
- Der Klimawandel trägt zur Schädigung von Feuchtgebieten bei, die, wie oben erwähnt, viele wichtige Dienstleistungen für die Menschheit erbringen. Feuchtgebiete spielen eine entscheidende Rolle bei der Speicherung und Zurückhaltung von Kohlenstoffdioxid. Insbesondere Torfgebiete speichern, obwohl sie nur 3 % der Landfläche einnehmen, doppelt so viel Kohlenstoffdioxid wie die Wälder der Welt.⁶⁸
- Die Höhe der Auswirkungen hängt von der Höhe der Grenzwerte ab, die unsere Nationen für künftige Emissionen festlegen, sowie von der Ausweisung von Ufer- und Küstenschutzgebieten, und von Änderungen im Fischereimanagement.⁶⁹

Die notwendigen Antworten

- Wir bekräftigen, dass rasches Handeln erforderlich ist, um die Freisetzung von Treibhausgasemissionen drastisch einzudämmen und CO₂ aus der Atmosphäre zu entfernen und zu speichern. Dies ist erforderlich, um die katastrophalsten Folgen des vom Menschen verursachten Klimawandel für die Meeres- und Süßwasserökosysteme, von denen die gesamte Menschheit abhängt, zu verhindern.
- Globale und nationale Ziele sind notwendig, um kohlenstoffreiche Ökosysteme wie Torf, Seegraswiesen und andere Feuchtgebiete zu schützen und wiederherzustellen, um Kohlenstoffdioxid zu binden, Treibhausgasemissionen zu verhindern und die Auswirkungen des Klimawandels zu verringern.
- Regierungen, die Öffentlichkeit, die Industrie, die Wissenschaft und alle anderen Bereiche der Gesellschaft müssen Prioritäten setzen und konzertiert handeln, um den vom Menschen verursachten Klimawandel aufzuhalten, wenn sie schlimme Folgen verhindern wollen.
- Ein rascher Übergang zu Energiequellen und anderen Produkten und Dienstleistungen, die keine Treibhausgase freisetzen, sowie Forschung und eine Politik, die einen effizienten Übergang zu einer kohlenstoffdioxidarmen Welt begünstigen, sind erforderlich, um die Degradation der aquatischen Systeme, wie oben beschrieben, zu verlangsamen. Ein solcher Übergang könnte von allen Regierungen durch sofortiges Handeln erreicht werden, indem sie die Vorschläge von Spezialisten für grüne Energietechnologie, Kohlenstoffbindung, Marketing, Bildung, sozioökonomische Prinzipien und verwandte Disziplinen berücksichtigen.
- Für ein besseres Verständnis der Veränderungen in aquatischen Ökosystemen und darauf aufbauende Planungen sind robuste Anpassungsmaßnahmen unerlässlich: Identifizierung und Verringerung anderer Umweltstressoren, die synergistisch mit dem Klimawandel wirken; zusätzliche Ressourcen für Datenerfassung, Kartierung und Forschung, um potenzielle Auswirkungen besser zu verstehen; bessere Ausstattung der Umweltbehörden zur Abschwächung der negativen Klimafolgen.
- Intelligent durchgeführt, können Maßnahmen zur Eindämmung des vom Menschen verursachten Klimawandels zu fortschrittlichen, neuartigen Technologien, starken Volkswirtschaften, gesünderen aquatischen Ökosystemen, größerer Ernährungssicherheit und menschlichem Wohlergehen führen.

Es ist an der Zeit, die Dringlichkeit von Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels anzuerkennen. Ein Aufschub der Maßnahmen zur Kontrolle der Treibhausgasemissionen ist keine Option, wenn die Menschheit die aquatischen Ressourcen und die Umweltsicherheit der Welt erhalten will.

Quellen

1. Center for International Earth Science Information Network. No date. Percentage of total population "living in coastal areas. Center for International Earth Science Information Network, Earth Institute, Columbia University, New York. Available: https://sedac.ciesin.columbia.edu/es/papers/Coastal_Zone_Pop_Method.pdf. (July 2020).

2. Finlayson C. M., G. T. Davies, W. R. Moomaw, G. L. Chmura, S. M. Natali, J. E. Perry, N. Roulet, and A. E. Sutton-Grier. 2019. The second warning to humanity – providing a context for wetland management and policy. *Wetlands* 39: 1–5.

Finlayson C. M., R. D’Cruz, and N. C. Davidson. 2005. Ecosystems and human well-being: wetlands and water, synthesis. World Resources Institute, Washington, D.C. Available: www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf. (July 2020).

Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. 2018. Summary for policymakers. Pages 1–24 in *Global warming of 1.5°C: an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf. (July 2020).

Ramsar Convention on Wetlands 2018. *Global wetland outlook: state of the world’s wetlands and their ecosystem services*. Ramsar Convention, Gland, Switzerland. Available: www.global-wetland-outlook.ramsar.org. (July 2020).

World Wildlife Fund. 2018. *Living planet report 2018: aiming higher*. World Wildlife Fund, Gland, Switzerland [pages 75 and 54]. Available: https://wwf.panda.org/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_2018/. (July 2020).
3. World Economic Forum. 2020. *The global risks report 2020* [Figure II and page 31]. World Economic Fund, Geneva, Switzerland. Available: www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020. (July 2020).
4. European Commission. 2020. *The EU strategy on adaptation to climate change* [fact sheet]. Available: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/eu_strategy_en.pdf. (July 2020).
5. Die Anzahl der Studien, die die Auswirkungen des menschengemachten Klimawandels auf die aquatischen Systeme untersucht haben, ist gewaltig. Die meisten Literaturzusammensetzungen kombinieren bereits beobachtete Auswirkungen mit den erwarteten. In nur vier Zusammenstellungen haben wir mehr als 2.000 Studien gezählt, die über Auswirkungen auf aquatische Systeme berichteten. Wir haben die angenommenen Auswirkungen nicht gezählt. Diese Berichte sind die folgenden:

Barros, V. R., C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. 2014. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: part B: regional aspects*. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York.

Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. 2014. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: part A: global and sectoral aspects*. Contribution of Working Group II to

Aquatic science shows need for immediate climate action

the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York.

Krabbenhoft, T. J., B. J. E. Myers, J. P. Wong, C. Chu, R. W. Tingley, J. Falke, T. J. Kwak, C. P. Paukert, and A. J. Lynch. 2020. FiCli, the Fish and Climate Change Database, informs climate adaptation and management for freshwater fishes. *Scientific Data* 7:124.

Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. 2019. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Erhältlich unter: www.ipcc.ch/srocc/home/. (July 2020).

Das ist nur der Anfang der peer-reviewten Studien und peer-reviewten Zusammenfassungen von Studien die den menschengemachten Klimawandel und die Auswirkungen des Klimawandels auf die aquatischen Ökosysteme diskutieren. Andere Veröffentlichungen, die sowohl projizierte wie auch bereits beobachtete Einflüsse auf aquatische Systeme beinhalten, sind die folgenden:

Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, and J. C. Minx, editors. 2014. *Climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Dieser Bericht zeigt Methoden zur Kontrolle der Treibhausgasemissionen auf und andere Wege, die Faktoren abzumildern oder zu kontrollieren, die den Klimawandel selbst beeinflussen. Zitiert etwa 10.000 Studien.]

Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. 2018. *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf. (September 2020). [Gibt Effekte auf eine Bandbreite von Systemen wieder, sowohl aquatische wie terrestrische. Die Pressemitteilung, die zu diesem Dokument gehört, zitiert mehr als 6.000 wissenschaftliche Arbeiten und war das Ergebnis der Mitwirkung Tausender von Experten und Regierungsmitgliedern weltweit.]

Paukert, G. P., A. J. Lynch, and J. E. Whitney, editors. 2016. *Effects of climate change on North American inland fishes*. *Fisheries* 41(7). [Der vollständige Band über die Effekte des Klimawandels auf die Binnenfischerei enthält mehr als 90 Autoren und mehr als 600 Literaturnachweise.]

Reidmiller, D. R., C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. 2018. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Zitiert Auswirkungen auf eine Vielzahl von Systemen, einschließlich der aquatischen und terrestrischen. Enthält mehr als 5.600 Literaturnachweise, meistens peer-reviewed, und Datensätze.]

Stocker, T. F., D. Qin, G.-K Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley, editors. 2013. *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental*

Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York. [Diskutiert den physikalischen wissenschaftlichen Nachweis für den Wandel sowohl in terrestrischen wie auch aquatischen Systemen und zitiert mehr als 9.200 wissenschaftliche Publikationen, dem Datenblatt der Working Group 1 zufolge.]

Wuebbles, D. J., D. W. Fahey, K. A. Hibbard, D. J. Dokken, B. C. Stewart, and T. K. Maycock, editors. 2017. Climate science special report: fourth national climate assessment, volume I. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Berichtet über eine Reihe von Systemen, sowohl aquatisch wie auch terrestrisch. Die Anzahl an Literaturnachweisen wird nicht angegeben, aber dürfte ähnlich der im U.S. Global Change Research Program 2018 sein.]

6. American Geophysical Union (AGU). 2019. Society must address the growing climate crisis now. Position statement. AGU, Washington, D.C.

7. Erklärungen verschiedener Wissenschaftsakademien einschließlich der folgenden:

European Academy of Sciences. 2015. Statement. Facing critical decisions on climate change in 2015. Available: <https://easac.eu/publications/details/facing-critical-decisions-on-climate-change-in-2015/>. (September 2020).

The Royal Society and the U.S. National Academy of Sciences. 2020. Climate change evidence & causes: update 2020. An overview from the Royal Society and the US National Academy of Sciences. Available: https://royalsociety.org/-/media/Royal_Society_Content/policy/projects/climate-evidence-causes/climate-change-evidence-causes.pdf. (September 2020).

Academies of Science for the G8+5 Countries. 2008. Joint science academies' statement: climate change: adaptation and the transition to a low carbon society. Available: http://insaindia.res.in/pdf/Climate_05.08_W.pdf. (September 2020).

Academies of Science for the G8+5 Countries. 2007. Joint science academies' statement on growth and responsibility: sustainability, energy efficiency and climate protection. Available: www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-s4.pdf (September 2020).

Network of African Science Academies (NASAC). 2007. Joint statement by the Network of African Science Academies (NASAC) to the G8 on sustainability, energy efficiency and climate change. Available: www.interacademies.org/sites/default/files/publication/nasac_g8_statement_07_-_low_res.pdf. (September 2020).

Interacademy Medical Panel (IAMP). 2010. Statement on the health co-benefits of policies to tackle climate change. Available: www.interacademies.org/statement/iamp-statement-health-co-benefits-policies-tackle-climate-change. (September 2020).

8. Siehe die Literaturliste bei 5. Literaturnachweise, die sich darauf beziehen, die Ursachen des Klimawandels sowie die Diskussionen dazu darzustellen, zeigen einen überwältigenden Beweis dafür, dass die Emissionen der Hauptfaktor sind, können bei Collins et al. (2013), Edenhofer et al. (2014) und Masson-Delmotte et al. (2018) gefunden werden.

9. Siehe die Literaturliste bei 5. Wuebbles et al. (2017) ist der Haupt-U.S.-Report, der die physikalische Basis des Klimawandels diskutiert.

Aquatic science shows need for immediate climate action

10. “As a result of the large ocean inertia and the long lifetime of many greenhouse gases, primarily carbon dioxide, much of the warming would persist for centuries after greenhouse gas emissions have stopped.” [Aus Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichefet, P. Friedlingstein, X. Gao, W. J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A. J. Weaver, and M. Wehner. 2013. Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility. Pages 1029–1136 in T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley, editors. *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, New York.]

Siehe auch die folgenden:

Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufou- ma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. 2018. Summary for policymakers. Pages 1–24 in *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.* Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_HR.pdf. (September 2020).

Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. 2019. Technical summary. Pages 37–69 in *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate.* Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/04_SROCC_TS_FINAL.pdf (September 2020).

11. Siehe die Literaturnachweise bei 5. Auswirkungen sind in diesen Nachweisen in großer Zahl enthalten.

12. Zu den zunehmenden Auswirkungen auf die Ozeane, Süßgewässer und Gesellschaften dieser Welt, beginne mit dem folgenden:

Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Arístegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O’Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447– 587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate.* Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020).

Brugere C., D. M. Onuigbo, and K. L. Morgan. 2017. People matter in animal disease surveillance: challenges and opportunities for the aquaculture sector. *Aquaculture* 467:158–169.

Fleming, E., J. Payne, W. Sweet, M. Craghan, J. Haines, J. F. Hart, H. Stiller, and A. Sutton-Grier. 2018. Coastal effects. Pages 322–352 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II.* U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C.

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K. L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijikata, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou. 2018. Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. Pages 175–311 in V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. *Global warming of 1.5°C: an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf. (July 2020).
- Lipton, D., M. A. Rubenstein, S. R. Weiskopf, S. Carter, J. Peterson, L. Crozier, M. Fogarty, S. Gaichas, K. J. W. Hyde, T. L. Morelli, J. Morissette, H. Moustahfid, R. Muñoz, R. Poudel, M. D. Staudinger, C. Stock, L. Thompson, R. Waples, and J. F. Weltzin. 2018. Ecosystems, ecosystem services, and biodiversity. Pages 268–321 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C.
- Pershing, A. J., R. B. Griffis, E. B. Jewett, C. T. Armstrong, J. F. Bruno, D. S. Busch, A. C. Haynie, S. A. Siedlecki, and D. Tommasi. 2018. Oceans and marine resources. Pages 353–390 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C.
- Pörtner, H.-O., D. M. Karl, P. W. Boyd, W. W. L. Cheung, S. E. Lluch-Cota, Y. Nojiri, D. N. Schmidt, and P. O. Zavialov. 2014. Ocean systems. Pages 411–484 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- Settele, J., R. Scholes, R. Betts, S. Bunn, P. Leadley, D. Nepstad, J. T. Overpeck, and M. A. Taboada. 2014. Terrestrial and inland water systems. Pages 271–359 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- Wong, P. P., I. J. Losada, J.-P. Gattuso, J. Hinkel, A. Khattabi, K. L. McInnes, Y. Saito, and A. Sallenger. 2014. Coastal systems and low-lying areas. Pages 361–409 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
13. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufou- ma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I.

Aquatic science shows need for immediate climate action

Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. 2018. Summary for policymakers. Pages 1–24 in *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf. (July 2020). [Pages 7–11.]

World Bank. 2019. *Climate change and marine fisheries in Africa: assessing vulnerability and strengthening adaptation capacity*. World Bank, Washington, D.C.

14. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufou- ma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. 2018. Summary for policymakers. Pages 1–24 in *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf. (July 2020). [Page 4.]

15. Einige Beispiele für groß angelegte, schnelle Aktionen als Reaktionen auf Krankheitsepidemien werden hier dargestellt:

Cheng, V. C. C., S. C. Wong, J. H. K. Chen, C. C. Y. Yip, V. W. M. Chuang, O. T. Y. Tsang, S. Sridhar, J. F. W. Chan, P. L. Ho, and K. Y. Yuen. 2020. Escalating infection control response to the rapidly evolving epidemiology of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) due to SARS-CoV-2 in Hong Kong. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 41:493–498.

Smith, N., and M. Fraser. 2020. Straining the system: novel coronavirus (COVID-19) and preparedness for concomitant disasters. *American Journal of Public Health* 110:648–649.

Sohrabi, C., Z. Alsafi, N. O'Neill, M. Khan, A. Kerwan, A. Al-Jabir, C. Iosifidis, and R. Agha. 2020. World Health Organization declares global emergency: a review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19), *International Journal of Surgery* 76:71–76.

16. Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Aristegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447– 587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020). [Pages 450–451, 478– 481.]

Burrows, M. T., D. S. Schoeman, A. J. Richardson, J. G. Molinos, A. Hoffmann, L. B. Buckley, P. J. Moore, C. J. Brown, J. F. Bruno, C. M. Duarte, B. S. Halpern, O. Hoegh-Guldberg, C. V. Kappel, W. Kiessling, M. I. O'Connor, J. M. Pandolfi, C. Parmesan, W. J. Sydeman, S. Ferrier, K. J. Williams, and E. S. Poloczanska. 2014. Geographical limits to species-range shifts are suggested by climate velocity. *Nature* 507:492–495.

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Chambers, L. E., P. Dann, B. Cannell, and E. J. Woehler. 2014. Climate as a driver of phenological change in southern seabirds. *International Journal of Biometeorology* 58:603–612.
- Chambers, L. E., C. A. Devney, B. C. Congdon, N. Dunlop, E. J. Woehler, and P. Dann. 2011. Observed and predicted impacts of climate on Australian seabirds. *Emu* 111:235–251.
- Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K. L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijikata, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou. 2018. Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. Pages 175–311 in V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf. (July 2020). [Pages 218, 222.]
- Nagelkerken, I., and S. D. Connell, 2015: Global alteration of ocean ecosystem functioning due to increasing human CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112:13272–13277.
- Poloczanska, E. S., C. J. Brown, W. J. Sydeman, W. Kiessling, D. S. Schoeman, P. J. Moore, K. Brander, J. F. Bruno, L. B. Buckley, M. T. Burrows, C. M. Duarte, B. S. Halpern, J. Holding, C. V. Kappel, M. I. O'Connor, J. M. Pandolfi, C. Parmesan, F. Schwing, S. A. Thompson, and A. J. Richardson. 2013. Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change* 3:919–925.
- Price C. A., K. Hartmann, T. J. Emery, E. J. Woehler, C. R. McMahon, M. A. Hindell. 2020. Climate variability and breeding parameters of a trans-hemispheric migratory seabird over seven decades. *Marine Ecology Progress Series* 642:191–205.
- Vergés, A., P. D. Steinberg, M. E. Hay, A. G. B. Poore, A. H. Campbell, E. Ballesteros, K. L. Heck, D. J. Booth, M. A. Coleman, D. A. Feary, W. Figueira, T. Langlois, E. M. Marzinelli, T. Mizerek, P. J. Mumby, Y. Nakamura, M. Roughan, E. van Sebille, A. S. Gupta, D. A. Smale, F. Tomas, T. Wernberg, and S. K. Wilson, 2014. The tropicalization of temperate marine ecosystems: climate-mediated changes in herbivory and community phase shifts. *Proceedings of the Royal Society B* 281(1789):20140846.
17. Caputi, N., R. Melville-Smith, S. de Lestang, A. Pearce, and M. Feng. 2010. The effect of climate change on the western rock lobster (*Panulirus cygnus*) fishery of Western Australia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67:85–96.
- Gould, W. A., E. L. Díaz, (co-leads), N. L. Álvarez-Berriós, F. Aponte-González, W. Archibald, J. H. Bowden, L. Carrubba, W. Crespo, S. J. Fain, G. González, A. Goulbourne, E. Harmsen, E. Holupchinski, A. H. Khalyani, J. Kossin, A. J. Leinberger, V. I. Marrero-Santiago, O. Martínez-Sánchez, K. McGinley, P. Méndez-Lázaro, J. Morell, M. M. Oyola, I. K. Parés-Ramos, R. Pulwarty, W. V. Sweet, A. Terando, and S. Torres-González, 2018: U.S. Caribbean. Pages 809–871 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C.

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Le Bris, A., K. E. Mills, R. A. Wahle, Y. Chen, M. A. Alexander, A. J. Allyn, J. G. Schuetz, J. D. Scott, and A. J. Pershing. 2018. Climate vulnerability and resilience in the most valuable North American fishery. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115:1831–1836.
18. Barbeaux, S., K. Aydin, B. Fissel, K. Holsman, W. Palsson, K. Shotwell, Q. Yang, and S. Zador. 2017. Assessment of the Pacific Cod stock in the Gulf of Alaska. Pages 189–332 *in* North Pacific Fisheries Management Council Gulf of Alaska SAFE (Stock Assessment and Fishery Evaluation) [council draft]. Available: www.city.kodiak.ak.us/sites/default/files/fileattachments/fisheries_workgroup/meeting/10388/2017_goa_pcod_stock_assessment.pdf. (July 2020).
19. Meredith, M., M. Sommerkorn, S. Cassotta, C. Derksen, A. Ekaykin, A. Hollowed, G. Kofinas, A. Mackintosh, J. Melbourne-Thomas, M. M. C. Muelbert, G. Ottersen, H. Pritchard, and E. A. G. Schuur. 2019. Polar regions. Pages 203–320 *in* H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/07_SROCC_Ch03_FINAL.pdf. (July 2020).
20. Nicholas A. J. Graham, N. A. J., S. K. Wilson, S. Jennings, N. V. C. Polunin, J. P. Bijoux, J. Robinson. 2006. Dynamic fragility of oceanic coral reef ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103:8425–8429.
21. Poloczanska, E. S., C. J. Brown, W. J. Sydeman, W. Kiessling, D. S. Schoeman, P. J. Moore, K. Brander, J. F. Bruno, L. B. Buckley, M. T. Burrows, C. M. Duarte, B. S. Halpern, J. Holding, C. V. Kappel, M. I. O'Connor, J. M. Pandolfi, C. Parmesan, F. Schwing, S. A. Thompson, and A. J. Richardson. 2013. Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change* 3:919–925.
22. Dulvy, N. K., S. I. Rogers, S. Jennings, V. Stelzenmüller, S. R. Dye, and H. R. Skjoldal. 2008. Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: a biotic indicator of warming seas. *Journal of Applied Ecology* 45:1029–1039.
- Hastings, R. A., L. A. Rutterford, J. J. Freer, R. A. Collins, S. D. Simpson, and M. J. Genner. 2020. Climate change drives poleward increases and equatorward declines in marine species. *Current Biology* 30:1572–1577.
- Pershing, A. J., R. B. Griffis, E. B. Jewett, C. T. Armstrong, J. F. Bruno, D. S. Busch, A. C. Haynie, S. A. Siedlecki, and D. Tommasi. 2018. Oceans and marine resources. Pages 353–390 *in* D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Pages 358, 362.]
23. Babcock, R. C., R. H. Bustamante, E. A. Fulton, D. J. Fulton, M. D. E. Haywood, A. J. Hobday, R. Kenyon, R. J. Matear, E. Plaganyi, A. J. Richardson, and M. Vanderklift. 2019. Severe continental-scale impacts of climate change are happening now: extreme climate events impact marine habitat forming communities along 45 % of the Australian coast. *Frontiers in Marine Science* 6:411.
24. Fleming, E., J. Payne, W. Sweet, M. Craghan, J. Haines, J. F. Hart, H. Stiller, and A. Sutton-Grier. 2018. Coastal effects. Pages 322–352 *in* D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling,

Aquatic science shows need for immediate climate action

- K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Page 331.]
- Kaladharan, P., and A. Koya. 2019. Shrinking seagrass meadows observations from four lagoons of Lakshadweep archipelago. *Journal of the Marine Biological Association of India* 61:47–51.
- Wong, P. P., I. J. Losada, J.-P. Gattuso, J. Hinkel, A. Khattabi, K. L. McInnes, Y. Saito, and A. Sallenger. 2014. Coastal systems and low-lying areas. Pages 361–409 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Page 377.]
25. Fleming, E., J. Payne, W. Sweet, M. Craghan, J. Haines, J. F. Hart, H. Stiller, and A. Sutton-Grier. 2018. Coastal effects. Pages 322–352 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Page 331.]
- Friess, D. A., K. Rogers, C. E. Lovelock, K. W. Krauss, S. E. Hamilton, S. Y. Lee, R. Lucas, J. Primavera, A. Rajkaran, and S. Shi. 2019. The state of the world's mangrove forests: past, present and future. *Annual Review of Environment and Resources* 44:16.1–16.27.
- Jennerjahn, T. C., E. Gillman, K. W. Krauss, L. D. Lacerda, I. Nordhaus, and E. Wolanski. 2017. Mangrove ecosystems under climate change. Pages 211–244 in V. H. Rivera-Monroy, S. Y. Lee, E. Kristensen, and R. R. Twilley, editors. *Mangrove ecosystems: a global biogeographic perspective*. Springer International Publishing, New York.
- Oppenheimer, M., B. C. Glavovic, J. Hinkel, R. van de Wal, A. K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R. M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari. 2019. Sea level rise and implications for low-lying islands, coasts and communities. Pages 321–445 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/08_SROCC_Ch04_FINAL.pdf. (July 2020).
- Saintilan, N., N. S. Khan, E. Ashe, J. J. Kelleway, K. Rogers, C. D. Woodroffe, and B. P. Horton. 2020. Thresholds of mangrove survival under rapid sea level rise. *Science* 368:1118–1121.
26. Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K. L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou. 2018. Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. Pages 175–311 in V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available:

www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf. (July 2020). [Pages 229– 230.]

- Gattuso, J.-P., A. Magnan, R. Billé, W. W. L. Cheung, E. L. Howes, F. Joos, D. Allemand, L. Bopp, S. R. Cooley, C. M. Eakin, O. Hoegh-Guldberg, R. P. Kelly, H.-O. Pörtner, A. D. Rogers, J. M. Baxter, D. Laffoley, D. Osborn, A. Rankovic, J. Rochette, U. R. Sumaila, S. Treyer, and C. Turley. 2015. Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science* 349(6243):aac4722.
- Gould, W. A., E. L. Díaz, (co-leads), N. L. Álvarez-Berríos, F. Aponte-González, W. Archibald, J. H. Bowden, L. Carrubba, W. Crespo, S. J. Fain, G. González, A. Goulbourne, E. Harmsen, E. Holupchinski, A. H. Khalyani, J. Kossin, A. J. Leinberger, V. I. Marrero-Santiago, O. Martínez-Sánchez, K.
- McGinley, P. Méndez-Lázaro, J. Morell, M. M. Oyola, I. K. Parés-Ramos, R. Pulwarty, W. V. Sweet, A. Terando, and S. Torres-González. 2018. U.S. Caribbean. Pages 809–871 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Pages 827–831.]
- Hughes, T. P., K. D. Anderson, S. R. Connolly, S. F. Heron, J. T. Kerry, J. M. Lough, A. H. Baird, J. K. Baum, M. L. Berumen, T. C. Bridge, D. C. Claar, C. M. Eakin, J. P. Gilmour, N. A. J. Graham, H. Harrison, J. P. A. Hobbs, A. S. Hoey, M. Hoogenboom, R. J. Lowe, M. T. McCulloch, J. M. Pandolfi, M. Pratchett, V. Schoepf, G. Torda, and S. K. Wilson. 2018. Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science* 359:80–83.
- Pershing, A. J., R. B. Griffis, E. B. Jewett, C. T. Armstrong, J. F. Bruno, D. S. Busch, A. C. Haynie, S. A. Siedlecki, and D. Tommasi. 2018. Oceans and marine resources. Pages 353–390 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Page 359.]
- Wong, P. P., I. J. Losada, J.-P. Gattuso, J. Hinkel, A. Khattabi, K. L. McInnes, Y. Saito, and A. Sallenger. 2014. Coastal systems and low-lying areas. Pages 361–409 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Pages 378–379.]
27. Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Arístegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O’Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447– 587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020). [Pages 499–500.]

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Krumhansl, K. A., D. K. Okamoto, A. Rassweiler, M. Novak, J. J. Bolton, K. C. Cavanaugh, S. D. Connell, C. R. Johnson, B. Konar, S. D. Ling, F. Micheli, K. M. Norderhaug, A. Pérez-Matus, I. Sousa-Pinto, D. C. Reed, A. K. Salomon, N. T. Shears, T. Wernberg, R. J. Anderson, N. S. Barrett, A. H. Buschmann, M. H. Carr, J. E. Caselle, S. Derrien-Courtel, G. J. Edgar, M. Edwards, J. A. Estes, C. Goodwin, M. C. Kenner, D. J. Kushner, F. E. Moy, J. Nunn, R. S. Steneck, J. Vásquez, J. Watson, J. D. Witman, and J. E. K. Byrnes. 2016. Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 113:13785–13790.
- Voerman, S. E., E. Llera, and J. M. Rico. 2013. Climate driven changes in subtidal kelp forest communities in NW Spain. *Marine Environmental Research* 90:119–127.
- Wernberg, T., K. Krumhansl, K. Filbee-Dexter, and M. F. Pedersen. 2019. Status and trends for the world's kelp forests. Pages 57–78 in C. Sheppard, editor. *World seas: an environmental evaluation*. Elsevier, New York.
- Wong, P. P., I. J. Losada, J.-P. Gattuso, J. Hinkel, A. Khattabi, K. L. McInnes, Y. Saito, and A. Sallenger. 2014. Coastal systems and low-lying areas. Pages 361–409 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Pages 377–378.]
28. Babcock, R. C., R. H. Bustamante, E. A. Fulton, D. J. Fulton, M. D. E. Haywood, A. J. Hobday, R. Kenyon, R. J. Matear, E. Plaganyi, A. J. Richardson, and M. Vanderklift. 2019. Severe continental-scale impacts of climate change are happening now: extreme climate events impact marine habitat forming communities along 45 % of the Australian coast. *Frontiers in Marine Science* 6:411.
- Gattuso, J.-P., A. Magnan, R. Billé, W. W. L. Cheung, E. L. Howes, F. Joos, D. Allemand, L. Bopp, S. R. Cooley, C. M. Eakin, O. Hoegh-Guldberg, R. P. Kelly, H.-O. Pörtner, A. D. Rogers, J. M. Baxter, D. Laffoley, D. Osborn, A. Rankovic, J. Rochette, U. R. Sumaila, S. Treyer, and C. Turley. 2015. Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science* 349(6243):aac4722.
- Gould, W. A., E. L. Díaz, (co-leads), N. L. Álvarez-Berrios, F. Aponte-González, W. Archibald, J. H. Bowden, L. Carrubba, W. Crespo, S. J. Fain, G. González, A. Goulbourne, E. Harmsen, E. Holupchinski, A. H. Khalyani, J. Kossin, A. J. Leinberger, V. I. Marrero-Santiago, O. Martínez-Sánchez, K. McGinley, P. Méndez-Lázaro, J. Morell, M. M. Oyola, I. K. Parés-Ramos, R. Pulwarty, W. V. Sweet, A. Terando, and S. Torres-González. 2018. U.S. Caribbean. Pages 809–871 in D. R. Reidmiller, W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C.
- Hughes, T. P., K. D. Anderson, S. R. Connolly, S. F. Heron, J. T. Kerry, J. M. Lough, A. H. Baird, J. K. Baum, M. L. Berumen, T. C. Bridge, D. C. Claar, C. M. Eakin, J. P. Gilmour, N. A. J. Graham, H. Harrison, J. P. A. Hobbs, A. S. Hoey, M. Hoogenboom, R. J. Lowe, M. T. McCulloch, J. M. Pandolfi, M. Pratchett, V. Schoepf, G. Torda, and S. K. Wilson. 2018. Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science* 359:80–83.

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Levin, L., M. Baker and A. Thompson, editors. 2019. Deep-ocean climate change impacts on habitat, fish and fisheries. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 638, Rome.
- Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. 2019. Technical summary. Pages 37–69 in IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/04_SROCC_TS_FINAL.pdf (July 2020). [Page 61.]
29. Bednaršek, N., R. A. Feely, M. W. Beck, S. R. Alin, S. A. Siedlecki, P. Calosi, E. L. Norton, C. Saenger, J. Štrus, D. Greeley, N. P. Nezlin, M. Roethler, and J. I. Spicer. 2020. Exoskeleton dissolution with mechano-receptor damage in larval Dungeness crab related to severity of present-day ocean acidification vertical gradients. *Science of The Total Environment* 716:136610.
- Pershing, A. J., R. B. Griffis, E. B. Jewett, C. T. Armstrong, J. F. Bruno, D. S. Busch, A. C. Haynie, S. A. Siedlecki, and D. Tommasi. 2018. Oceans and marine resources. Pages 353–390 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Page 357.]
- Rhein, M., S. R. Rintoul, S. Aoki, E. Campos, D. Chambers, R. A. Feely, S. Gulev, G. C. Johnson, S. A. Josey, A. Kostianoy, C. Mauritzen, D. Roemmich, L. D. Talley, and F. Wang. 2013. Observations: ocean. Pages 255–267 in T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley, editors. *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- Wisshak M., C. H. L. Schönberg, A. Form, and A. Freiwald. 2012. Ocean acidification accelerates reef bioerosion. *PLOS (Public Library of Science) ONE* 7(9):e45124.
30. Hobday, A. J., E. C. J. Oliver, A. S. Gupta, J. A. Benthuyesen, M. T. Burrows, M. G. Donat, N. J. Holbrook, P. J. Moore, M. S. Thomsen, T. Wernberg, and D. A. Smale. 2018. Categorizing and naming marine heatwaves. *Oceanography* 31:162–173.
- Holbrook, N. J., H. A. Scannell, A. S. Gupta, J. A. Benthuyesen, M. Feng, E. C. J. Oliver, L. V. Alexander, M. T. Burrows, M. G. Donat, A. J. Hobday, P. J. Moore, S. E. Perkins-Kirkpatrick, D. A. Smale, S. C. Straub, and T. Wernberg. 2019. A global assessment of marine heatwaves and their drivers. *Nature Communications* 10:2624.
- Oliver, E. C. J., M. T. Burrows, M. G. Donat, A. S. Gupta, L. V. Alexander, S. E. Perkins-Kirkpatrick, J. A. Benthuyesen, A. J. Hobday, N. J. Holbrook, P. J. Moore, M. S. Thomsen, and T. W. D. A. Smale. 2019. Projected marine heatwaves in the 21st century and the potential for ecological impact. *Frontiers in Marine Science* 6:734.
- Oliver, E. C. J., M. G. Donat, M. T. Burrows, P. J. Moore, D. A. Smale, L. V. Alexander, J. A. Benthuyesen, M. Feng, A. Sen Gupta, A. J. Hobday, N. J. Holbrook, S. E. Perkins-Kirkpatrick, H. A. Scannell, S. C. Straub, and T. Wernberg. 2018. Ocean warming brings longer and more frequent marine heatwaves. *Nature Communications* 9:1324.

Aquatic science shows need for immediate climate action

31. Pershing, A. J., R. B. Griffis, E. B. Jewett, C. T. Armstrong, J. F. Bruno, D. S. Busch, A. C. Haynie, S. A. Siedlecki, and D. Tommasi. 2018. Oceans and marine resources. Pages 353–390 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Pages 355, 357.]
- Rhein, M., S. R. Rintoul, S. Aoki, E. Campos, D. Chambers, R. A. Feely, S. Gulev, G. C. Johnson, S. A. Josey, A. Kostianoy, C. Mauritzen, D. Roemmich, L. D. Talley, and F. Wang. 2013. Observations: ocean. Pages 255–267 in T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley, editors. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York. [Pages 294–296.]
- Schmidtko, S., L. Stramma, and M. Visbeck. 2017. Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature* 542:336–339.
32. Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Arístegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447– 587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020). [Pages 451, 494– 498.]
- Wiedenmann, J., C. D'Angelo, E. G. Smith, A. N. Hunt, F. E. Legiret, A. D. Postle and E. P. Achterberg. 2013. Nutrient enrichment can increase the susceptibility of reef corals to bleaching. *Nature Climate Change* 3:160–164.
33. Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Arístegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447– 587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020). [Pages 512– 513.]
- Free, C. M., J. T. Thorson, M. L. Pinsky, K. L. Oken, J. Wiedenmann, and O. P. Jensen. 2019. Impacts of historical warming on marine fisheries production. *Science* 363:979–983.
34. Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Arístegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447– 587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020). [Pages 450– 451, 478– 502.]

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Lurgi, M., B. C. Lopez, and J. M. Montoya. 2012. Novel communities from climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 367:2913–2922.
35. Burge, C. A., and P. K. Hershberger. 2020. Climate change can drive marine diseases. Pages 83–94 in D. C. Behringer, B. R. Silliman, and K. D. Lafferty, editors. *Marine disease ecology*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Harvell, C. D., and J. B. Lamb. 2020. Disease outbreaks can threaten marine biodiversity. Pages 141–158 in D. C. Behringer, B. R. Silliman, and K. D. Lafferty, editors. *Marine disease ecology*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Lamb, J. B., J. A. J. M. Van de Water, D. G. Bourne, C. Altier, M. Y. Hein, E. A. Fiorenza, N. Abu, J. Jomba, and C. D. Harvell. 2017. Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science* 355:731–733.
- Sokolow, S. 2009. Effects of a changing climate on the dynamics of coral infectious disease: a review of the evidence. *Diseases of Aquatic Organisms* 87:5–18.
36. Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Aristegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447–587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020). [Pages 450–454, 478–502.]
- Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K. L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou. 2018. Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. Pages 175–311 in V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf. (July 2020). [Pages 226–230.]
- Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. 2018. Summary for policymakers. Pages 1–24 in *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf. (September 2020). [Pages 12, 22.]
- Pershing, A. J., R. B. Griffis, E. B. Jewett, C. T. Armstrong, J. F. Bruno, D. S. Busch, A. C. Haynie, S. A. Siedlecki, and D. Tommasi. 2018. Oceans and marine resources. Pages 353–390 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B.

Aquatic science shows need for immediate climate action

C. Stewart, editors. Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Pages 358–361.]

- Porter, J. R., L. Xie, A. J. Challinor, K. Cochrane, S. M. Howden, M. M. Iqbal, D. B. Lobell, and M. I. Travasso. 2014. Food security and food production systems. Pages 485–533 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- Pörtner, H.-O., D. M. Karl, P. W. Boyd, W. W. L. Cheung, S. E. Lluch-Cota, Y. Nojiri, D. N. Schmidt, and P. O. Zavialov. 2014. Ocean systems. Pages 411–484 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Pages 456–459.]
- Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. 2019. Summary for policymakers. Pages 1–35 in *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/03_SROCC_SPM_FINAL.pdf. (July 2020).
37. North American Bird Conservation Initiative. 2016. *The state of North America's birds 2016*. Environment and Climate Change Canada, Ottawa.
- Paleczny, M., E. Hammill, V. Karpouzi, and D. Pauly. 2015. Population trend of the world's monitored seabirds, 1950–2010. *PLOS (Public Library of Science) ONE* 10(6):e0129342.
38. Bateman, B. L., C. Wilsey, L. Taylor, J. Wu, G. S. LeBaron, and G. Langham. 2020. North American birds require mitigation and adaptation to reduce vulnerability to climate change. *Conservation Science and Practice*, <https://doi.org/10.1111/csp2.242>.
39. Of the 29,500 freshwater dependent species so far assessed for the IUCN Red List, 27 % are threatened with extinction. *See the following:*
- Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O. Gessner, Z. I. Kawabata, D. J. Knowler, C. Leveque, R. J. Naiman, A. H. Prieur-Richard, D. Soto, M. L. J. Stiassny, and C. A. Sullivan. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81:163–182.
- Settele, J., R. Scholes, R. Betts, S. Bunn, P. Leadley, D. Nepstad, J. T. Overpeck, and M. A. Taboada. 2014. Terrestrial and inland water systems. Pages 271–359 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment*

Aquatic science shows need for immediate climate action

report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York. [Page 312.]

- Tickner, D., J. J. Opperman, R. Abell, M. Acreman, A. H. Arthington, S. E. Bunn, S. J. Cooke, J. Dalton, W. Darwall, G. Edwards, I. Harrison, K. Hughes, T. Jones, D. Leclère, A. J. Lynch, P. Leonard, M. E. McClaine, D. Muruven, J. D. Olden, S. J. Ormerod, J. Robinson, R. E. Tharme, M. Thieme, K. Tockner, M. Wright, and L. Young. 2020. Bending the curve of global freshwater biodiversity loss: an emergency recovery plan. *BioScience* 70:330–342.S
- Vörösmarty, C. J., P. B. McIntyre, M. O. Gessner, D. Dudgeon, A. Prusevich, P. Green, S. Glidden, S. E. Bunn, C. A. Sullivan, C. R. Liermann, and P. M. Davies, 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467:555–561.
40. Strayer, D. L., and D. Dudgeon. 2010. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society* 29:344–358.
41. Bloesch, J., C. Sandu, and J. Janning. 2012. Challenges of an integrative water protection and river basin management policy: the Danube case. *River Systems* 20:129–144.
- Harrod, C., A. Ramírez, J. Valbo-Jørgensen and S. Funge-Smith. 2018. How climate change impacts inland fisheries. Pages 375–391 in M. Barange, T. Bahri, M. C. M. Beveridge, K. L. Cochrane, S. Funge-Smith, and F. Poulain, editors. *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture Technical Paper 627, Rome.
42. Alexander, J. E., Jr., and K. C. Wagoner. 2016. Respiratory response to temperature variability in the river snail *Lithasia obovata* and its relevance to the potential impacts of climate change on freshwater gastropods. *American Malacological Bulletin* 34:1–14.
- Bănăduc D., M. Joy, H. Olosutean, S. Afanasyev, and A. Curtean-Bănăduc. 2020. Natural and anthropogenic driving forces as key elements in the Lower Danube basin – south-eastern Carpathians–north-western Black Sea coast area lakes: a broken stepping stones for fish in a climatic change scenario? *Environmental Science Europe* 32: article 7.
- Ferreira-Rodriguez, N. 2019. Spatial aggregation of native with non-native freshwater bivalves and activity depletion under summer heat waves: ‘dangerous liaisons’ in a climate change context. *Hydrobiologia* 834:75–85.
- Ganser, A. M., T. J. Newton, and R. J. Haro. 2013. The effects of elevated water temperature on native juvenile mussels: implications for climate change. *Freshwater Science* 32:1168–1177.
- Lipton, D., M. A. Rubenstein, S. R. Weiskopf, S. Carter, J. Peterson, L. Crozier, M. Fogarty, S. Gaichas, K. J. W. Hyde, T. L. Morelli, J. Morissette, H. Moustahfid, R. Muñoz, R. Poudel, M. D. Staudinger, C. Stock, L. Thompson, R. Waples, and J. F. Weltzin. 2018. Ecosystems, ecosystem services, and biodiversity. Pages 268–321 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Pages 273– 279.]

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Lynch, A. J., B. J. E. Myers, C. Chu, L. A. Eby, J. A. Falke, R. P. Kovach, T. J. Krabbenhoft, T. J. Kwak, J. Lyons, C. P. Paukert, and J. E. Whitney. 2016. Climate change effects on North American inland fish populations and assemblages. *Fisheries* 41:346–361.
- Markovic, D., S. Carrizo, J. Freyhof, N. Cid, S. Lengyel, M. Scholz, H. Kasperdius, and W. Darwall. 2014. Europe's freshwater biodiversity under climate change: distribution shifts and conservation needs. *Diversity and Distributions* 20:1097–1107.
- Settele, J., R. Scholes, R. Betts, S. Bunn, P. Leadley, D. Nepstad, J. T. Overpeck, and M. A. Taboada. 2014. Terrestrial and inland water systems. Pages 271–359 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Pages 312–314.]
43. Dai, A. 2013. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change* 3:52–58.
- Gonzalez, P., G. M. Garfin, D. D. Breshears, K. M. Brooks, H. E. Brown, E. H. Elias, A. Gunasekara, N. Huntly, J. K. Maldonado, N. J. Mantua, H. G. Margolis, S. McAfee, B. R. Middleton, and B. H. Udall. 2018. Southwest. Pages 1101–1184 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C.
- Jiménez Cisneros, B. E., T. Oki, N. W. Arnell, G. Benito, J. G. Cogley, P. Döll, T. Jiang, and S. S. Mwakalila. 2014. Freshwater resources. Pages 229–269 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- Vertessy, R., D. Barma, L. Baumgartner, S. Mitrovic, F. Sheldon, and N. Bond. 2019. Independent assessment of the 2018–19 fish deaths in the lower Darling. Final Report. Available: www.mdba.gov.au/sites/default/files/pubs/Final-Report-Independent-Panel-fish-deaths-lower%20Darling_4.pdf. (July 2020).
44. Center, T. D., and N. R. Spencer. 1981. The phenology and growth of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) in a eutrophic north-central Florida lake. *Aquatic Botany* 10:1–32.
- Döll, P., and S. E. Bunn. 2014. Cross-chapter box on the impact of climate change on freshwater ecosystems due to altered river flow regimes. Pages 143–146 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Rahel, F. J., and J. D. Olden. 2008. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology* 22:521–533.
- Rehage, J. S., and J. R. Blanchard. 2016. What can we expect from climate change for species invasions? *Fisheries* 405–407.
- Oliver, J. D. 1993. A review of the biology of giant salvinia (*Salvinia molesta* Mitchell). *Journal of Aquatic Plant Management* 31:227–231.
- Pimentel, D., R. Zuniga, and D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52:273–288.
45. Alahuhta, J., J. Heino, and M. Luoto, 2011: Climate change and the future distributions of aquatic macrophytes across boreal catchments. *Journal of Biogeography* 38:383–393.
- Comte, L., and G. Grenouillet, 2013. Do stream fish track climate change? Assessing distribution shifts in recent decades. *Ecography* 36:1236–1246.
- Galego de Oliveira, A., D. Bailly, F. A. S. Cassemiro, E. V. d. Couto, N. Bond, D. Gilligan, T. F. Rangel, A. A. Agostinho, and M. J. Kennard. 2019. Coupling environment and physiology to predict effects of climate change on the taxonomic and functional diversity of fish assemblages in the Murray–Darling basin, Australia. *PLOS (Public Library of Science) ONE* 14(11):e0225128.
- Lipton, D., M. A. Rubenstein, S. R. Weiskopf, S. Carter, J. Peterson, L. Crozier, M. Fogarty, S. Gaichas, K. J. W. Hyde, T. L. Morelli, J. Morissette, H. Moustahfid, R. Muñoz, R. Poudel, M. D. Staudinger, C. Stock, L. Thompson, R. Waples, and J. F. Weltzin. 2018. Ecosystems, ecosystem services, and biodiversity. Pages 268–321 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Pages 275, 276–277, 281.]
- Rahel, F. J., and J. D. Olden. 2008. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology* 22:521–533.
- Rehage, J. S., and J. R. Blanchard. 2016. What can we expect from climate change for species invasions? *Fisheries* 405–407.
- Settele, J., R. Scholes, R. Betts, S. Bunn, P. Leadley, D. Nepstad, J. T. Overpeck, and M. A. Taboada. 2014. Terrestrial and inland water systems. Pages 271–359 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Pages 295, 312–314, 295.]
- Sorte, C. J. B., I. Ibáñez, D. M. Blumenthal, N. A. Molinari, L. P. Miller, E. D. Grosholz, J. M. Diez, C. M. D’Antonio, J. D. Olden, S. J. Jones, and J. S. Dukes. 2013. Poised to prosper? A cross-system comparison of climate change effects on native and non-native species performance. *Ecology Letters* 16:261–270.

Aquatic science shows need for immediate climate action

46. Settele, J., R. Scholes, R. Betts, S. Bunn, P. Leadley, D. Nepstad, J. T. Overpeck, and M. A. Taboada. 2014. Terrestrial and inland water systems. Pages 271–359 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Pages 295, 312–314.]
47. Lipton, D., M. A. Rubenstein, S. R. Weiskopf, S. Carter, J. Peterson, L. Crozier, M. Fogarty, S. Gaichas, K. J. W. Hyde, T. L. Morelli, J. Morissette, H. Moustahfid, R. Muñoz, R. Poudel, M. D. Staudinger, C. Stock, L. Thompson, R. Waples, and J. F. Weltzin. 2018. Ecosystems, ecosystem services, and biodiversity. Pages 268–321 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Page 285.]
- Lynch, A. J., B. J. E. Myers, C. Chu, L. A. Eby, J. A. Falke, R. P. Kovach, T. J. Krabbenhoft, T. J. Kwak, J. Lyons, C. P. Paukert, and J. E. Whitney. 2016. Climate change effects on North American inland fish populations and assemblages. *Fisheries* 41:346–361.
- Whitney, J. E., R. Al-Chokhachy, D. B. Bunnell, C. A. Caldwell, S. J. Cooke, E. J. Ellason, M. Rogers, A. J. Lynch, and C. P. Paukert. 2016. Physiological basis of climate change impacts on North American inland fishes. *Fisheries* 41:332–345.
48. Goode, J. R., C. H. Luce, and J. M. Buffington. 2012. Enhanced sediment delivery in a changing climate in semi-arid mountain basins: implications for water resource management and aquatic habitat in the northern Rocky Mountains. *Geomorphology* 139–140:1–15.
- Lall, U., T. Johnson, P. Colohan, A. Aghakouchak, C. Brown, G. McCabe, R. Pulwarty, and A. Sankarasubramanian. 2018. Water. Pages 145–173 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C.
- Lyon, J. P., and J. P. O'Connor. 2008. Smoke on the water: can riverine fish populations recover following a catastrophic fire-related sediment slug? *Austral Ecology* 33:794–806.
- Vose, J. M., D. L. Peterson, G. M. Domke, C. J. Fettig, L. A. Joyce, R. E. Keane, C. H. Luce, J. P. Prestemon, L. E. Band, J. S. Clark, N. E. Cooley, A. D'Amato, and J. E. Halofsky. 2018. Forests. Pages 232–267 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C.
49. Morant, D., A. Picazo, C. Rochera, A. C. Santamans, J. Miralles-Lorenzo, A. Camacho-Santamans, C. Ibañez, M. Martínez-Eixarch, and A. Camacho. 2020. The role of ecological features and conservation status on the carbon cycle and methane emissions in the Ebro Delta wetlands. *PLOS (Public Library of Science) ONE* 15(4):e0231713.
- Hooijer, A., S. Page, J. Jauhiainen, W. A. Lee, X. X. Lu, A. Idris, and G. Anshari. 2011. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatland: reducing uncertainty and implications for CO₂ emission reduction options. *Biogeosciences Discussions* 8:931–935.

- Page, S. E., and A. Hooijer. 2016. In the line of fire: the peatlands of Southeast Asia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 371:20150176.
- Turetsky, M. R., B. Benscoter, S. Page, G. Rein, G. R. van der Werf, and A. Watts. 2014. Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss. *Nature Geoscience* 8:11–14.
50. Chapra, S. C., B. Boehlert, C. Fant, V. J. Bierman, J. Henderson, D. Mills, D. M. L. Mas, L. Rennels, L. Jantarasami, J. Martinich, K. M. Strzepek, and H. W. Paerl. 2017. Climate change impacts on harmful algal blooms in U.S. freshwaters: a screening-level assessment. *Environmental Science and Technology* 51:8933–8943.
- Jöhnk, K. D., J. Huisman, J. Sharples, B. Sommeijer, P. M. Visser, and J. M. Stroom, 2008. Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria. *Global Change Biology* 14:495–512.
- Michalak, A. M., E. J. Anderson, D. Beletsky, S. Boland, N. S. Bosch, T. B. Bridgeman, J. D. Chaffin, K. Cho, R. Confesor, I. Daloğlu, J. V. DePinto, M. A. Evans, G. L. Fahnenstiel, L. He, J. C. Ho, L. Jenkins, T. H. Johengen, K. C. Kuo, E. LaPorte, X. Liu, M. R. McWilliams, M. R. Moore, D. J. Posselt, R. P. Richards, D. Scavia, A. L. Steiner, E. Verhamme, D. M. Wright, and M. A. Zagorski. 2013. Record-setting algal bloom in Lake Erie caused by agricultural and meteorological trends consistent with expected future conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110:6448–6452.
- Settele, J., R. Scholes, R. Betts, S. Bunn, P. Leadley, D. Nepstad, J. T. Overpeck, and M. A. Taboada. 2014. Terrestrial and inland water systems. Pages 271–359 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Page 291.]
51. Gordon, L., C. M. Finlayson, and M. Falkenmark. 2010. Managing water in agriculture to deal with trade-offs and find synergies among food production and other ecosystem services. *Agricultural Water Management* 97:512–519.
- Jenny, J.-P., O. Anneville, F. Arnaud, Y. Baulaz, D. Bouffard, I. Domaizon, S. A. Bocaniov, N. Chèvre, M. Dittrich, J.-M. Dorioz, E. S. Dunlop, G. Dur, J. Guillard, T. Guinaldo, S. Jacquet, A. Jamoneau, Z. Jawed, E. Jeppesen, G. Krantzberg, J. Lenters, B. Leoni, M. Meybeck, V. Nava, T. Nöges, P. Nöges, M. Patelli, V. Pebbles, M.-E. Perga, S. Rasconi, C. R. Ruetz III, L. Rudstam, N. Salmaso, S. Sapna, D. Straile, O. Tam-meorg, M. R. Twiss, D. G. Uzarski, A.-M. Ventelä, W. F. Vincent, S. W. Wilhelm, S.-Å. Wängberg, and G. A. Weyhenmeyer. 2020. Scientists' warning to humanity: rapid degradation of the world's large lakes. *Journal of Great Lakes Research* 46:686–702.
52. Heim, K. C., M. S. Wipfli, M. S. Whitman, C. D. Arp, J. Adams, and J. A. Falke. 2016. Seasonal cues of Arctic Grayling movement in a small Arctic stream: the importance of surface water connectivity. *Environmental Biology of Fishes* 99:49–65.
- Meredith, M., M. Sommerkorn, S. Cassotta, C. Derksen, A. Ekaykin, A. Hollowed, G. Kofinas, A. Mackintosh, J. Melbourne-Thomas, M. M. C. Muelbert, G. Ottersen, H. Pritchard, and E. A. G. Schuur. 2019. Polar regions. Pages 203–320 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. *IPCC special report on the ocean and*

Aquatic science shows need for immediate climate action

cryosphere in a changing climate. Available:

www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/07_SROCC_Ch03_FINAL.pdf. (July 2020). [Page 256.]

- Poesch, M. S., L. Chavarie, C. Chu, S. N. Pandit, and W. Tonn. 2016. Climate change impacts on freshwater fishes: a Canadian perspective. *Fisheries* 41:385–391.
53. Hock, R., G. Rasul, C. Adler, B. Cáceres, S. Gruber, Y. Hirabayashi, M. Jackson, A. Käab, S. Kang, S. Kutuzov, A. Milner, U. Molau, S. Morin, B. Orlove, and H. Steltzer. 2019. High mountain areas. Pages 131–202 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/06_SROCC_Ch02_FINAL.pdf. (July 2020).
- Zhang, Q., J. Huang, F. Wang, L. Mark, J. Xu, D. Armstrong, C. Li, Y. Zhang, and S. Kang. 2012. Mercury distribution and deposition in glacier snow over western China. *Environmental Science and Technology* 46:5404–5413.
54. Marcos-Lopéz, M., P. Gale, B. C. Oidtmann, and E. J. Peeler. 2010. Assessing the impact of climate change on disease emergence in freshwater fish in the United Kingdom. *Transboundary and Emerging Diseases* 57:293–304.
- Olusanya, H. O., and M. van Zyll de Jong. 2018. Assessing the vulnerability of freshwater fishes to climate change in Newfoundland and Labrador. *PLOS (Public Library of Science) ONE* 13(12):e0208182. Viana, D. S. 2017. Can aquatic plants keep pace with climate change? *Frontiers in Plant Science* 8:1906.
55. Lipton, D., M. A. Rubenstein, S. R. Weiskopf, S. Carter, J. Peterson, L. Crozier, M. Fogarty, S. Gaichas, K. J. W. Hyde, T. L. Morelli, J. Morissette, H. Moustahfid, R. Muñoz, R. Poudel, M. D. Staudinger, C. Stock, L. Thompson, R. Waples, and J. F. Weltzin. 2018. Ecosystems, ecosystem services, and biodiversity. Pages 268–321 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Pages 282– 283.]
- Ormerod, S. J., M. Dobson, A. G. Hildrew, and C. R. Townsend. 2010. Multiple stressors in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* 55(s1).
- Tockner, K., M. Pusch, D. Borchardt, and M. S. Lorang. 2010. Multiple stressors in coupled river–floodplain ecosystems. *Freshwater Biology* 55(s1):135–151.
56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2018. *The state of world fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals*. FAO, Rome.
57. Meredith, M., M. Sommerkorn, S. Cassotta, C. Derksen, A. Ekaykin, A. Hollowed, G. Kofinas, A. Mackintosh, J. Melbourne-Thomas, M. M. C. Muelbert, G. Ottersen, H. Pritchard, and E. A. G. Schuur. 2019. Polar regions. Pages 203–320 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/07_SROCC_Ch03_FINAL.pdf. (July 2020). [Pages 256–257, 261–262.]

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K. L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou. 2018. Impacts of 1.5oC global warming on natural and human systems. Pages 175–311 in V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf. (July 2020). [Pages 222, 239.]
58. Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. 2019. Technical summary. Pages 37–69 in IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/04_SROCC_TS_FINAL.pdf. (July 2020). [Pages 61, 65.]
59. Magnan, A. K., M. Garschagen, J.-P. Gattuso, J. E. Hay, N. Hilmi, E. Holland, F. Isla, G. Kofinas, I. J. Losada, J. Petzold, B. Ratter, T. Schuur, T. Tabe, and R. van de Wal. 2019. Cross-chapter box 9: integrative cross-chapter box on low-lying islands and coasts. Pages 657–674 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/11_SROCC_CCB9-LLIC_FINAL.pdf. (2020).
- Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. 2019. Technical summary. Pages 37–69 in IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/04_SROCC_TS_FINAL.pdf. (September 2020). [Page 61.]
60. Dahlke, F. T., S. Wohlrab, M. Butzin, and H.-O. Pörtner. 2020. Thermal bottlenecks in the life cycle define climate vulnerability of fish. *Science* 369:65–70.
61. Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Aristegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447–587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020). [Pages 451, 502–503.]
- Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K. L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou. 2018. Impacts of 1.5oC global warming on natural and human systems. Pages 175–311 in V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R.

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf. (July 2020). [Pages 180, 212, 230, 237–238.]
- Junk, W. J., S. An, C. M. Finlayson, B. Gopal, J. Květ, S. A. Mitchell, W. J. Mitsch, and R. D. Robarts. 2013. Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis. *Aquatic Sciences* 75:151–167.
- Magnan, A. K., M. Garschagen, J.-P. Gattuso, J. E. Hay, N. Hilmi, E. Holland, F. Isla, G. Kofinas, I. J. Losada, J. Petzold, B. Ratter, T. Schuur, T. Tabe, and R. van de Wal. 2019. Cross-chapter box 9: integrative cross-chapter box on low-lying islands and coasts. Pages 657–674 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/11_SROCC_CCB9-LLIC_FINAL.pdf. (2020). [Page 664.]
- Markon, C., S. Gray, M. Berman, L. Eerkes-Medrano, T. Hennessy, H. Huntington, J. Littell, M. Mc Cammon, R. Thoman, and S. Trainor. 2018. Alaska. Pages 1185–1241 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C.
- Meredith, M., M. Sommerkorn, S. Cassotta, C. Derksen, A. Ekaykin, A. Hollowed, G. Kofinas, A. Mackintosh, J. Melbourne-Thomas, M. M. C. Muelbert, G. Ottersen, H. Pritchard, and E. A. G. Schuur. 2019. Polar regions. Pages 203–320 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/07_SROCC_Ch03_FINAL.pdf. (July 2020). [Pages 260, 262–263.]
- Pendleton, L., A. Comte, C. Langdon, J. A. Ekstrom, S. R. Cooley, L. Suatoni, M. W. Beck, L. M. Brander, L. Burke, J. E. Cinner, C. Doherty, P. E. T. Edwards, D. Gledhill, L.-Q. Jiang, R. J. van Hooidonk, L. The, G. G. Waldbusser, and J. Ritter. 2016. Coral reefs and people in a high-CO2 world: where can science make a difference to people? *PLOS (Public Library of Science) ONE* 11(11):e0164699.
- Pershing, A. J., M. A. Alexander, C. M. Hernandez, L. A. Kerr, A. Le Bris, K. E. Mills, J. A. Nye, N. R. Record, H. A. Scannell, J. D. Scott, G. D. Sherwood, and A. C. Thomas. 2015. Slow adaptation in the face of rapid warming leads to collapse of the Gulf of Maine cod fishery. *Science* 350:809–812.
- Pershing, A. J., R. B. Griffis, E. B. Jewett, C. T. Armstrong, J. F. Bruno, D. S. Busch, A. C. Haynie, S. A. Siedlecki, and D. Tommasi. 2018. Oceans and marine resources. Pages 353–390 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Pages 361–362, 365–366.]

62. Barange, M., T. Bahri, M. C. M. Beveridge, K. L. Cochrane, S. Funge-Smith, and F. Poulain, editors. 2018. Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture Technical Paper 627, Rome.
- Markon, C., S. Gray, M. Berman, L. Eerkes-Medrano, T. Hennessy, H. Huntington, J. Littell, M. McCammon, R. Thoman, and S. Trainor. 2018. Alaska. Pages 1185–1241 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C [Pages 1204–1206.]
- Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. 2019. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/srocc/home/. (July 2020). [Pages 15–16.]
63. Cheung, W. W. L., V. W. Y. Lam, J. L. Sarmiento, K. Kearney, R. Watson, Z. Zeller, and D. Pauly. 2010. Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology* 16:24–35.
- Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K. L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijikata, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou. 2018. Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. Pages 175–311 in V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf. (July 2020). [Pages 230, 237.]
- McClanahan, T. R., E. H. Allison, and J. E. Cinner. 2015. Managing fisheries for human and food security. *Fish and Fisheries* 16:78–103.
64. Alava, J. J., W. W. L. Cheung, P. S. Ross, and U. Rashid Sumaila. 2017. Climate change–contaminant inter actions in marine food webs: toward a conceptual framework. *Global Change Biology* 23:3984–4001.
- Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Arístegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O’Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447– 587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020). [Pages 509–512.]
- Vezzulli, L., C. Grande, P. C. Reid, P. Hélaouët, M. Edwards, M. G. Höfle, I. Brettar, R. R. Colwell, and C. Pruzzo. 2016. Climate influence on *Vibrio* and associated human diseases during the

past half-century in the coastal North Atlantic. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113:E5062–E5071.

65. Bindoff, N. L., W. W. L. Cheung, J. G. Kairo, J. Aristegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson. 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. Pages 447– 587 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf. (September 2020). [Pages 516–517.]
- Chen, P.-Y., C.-C. Chen, L. Chu, and B. McCarl. 2015. Evaluating the economic damage of climate change on global coral reefs. *Global Environmental Change* 30:12–20.
- Cisneros-Montemayor, A. M., and U. R. Sumaila, 2010: A global estimate of benefits from ecosystem-based marine recreation: potential impacts and implications for management. *Journal of Bioeconomics* 12:245– 268.
- Gattuso, J.-P., O. Hoegh-Guldberg, and H.-O. Pörtner. 2014. Cross-chapter box on coral reefs. Pages 97–100 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- Markham, A., E. Osipova, K. Lafrenz Samuels, and A. Caldas. 2016. *World heritage and tourism in a changing climate*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France.
66. Alexandrov, G. A., V. A. Brovkin, T. Kleinen, and Z. Yu. 2020. The capacity of northern peatlands for long-term carbon sequestration. *Biogeosciences* 17:47–54.
- Alongi, D. M. 2008. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76:1–13.
- Kaladharan, P., A. M. Amalu, and S. Revathy, 2019. Role of seaweeds in neutralizing the impact of seawater acidification: a laboratory study with beached shells of certain bivalves and spines of a sea urchin. *Journal of the Marine Biological Association of India* 61:94–99.
- Nahlik A. M., and M. S. Fennessy. 2016. Carbon storage in US wetlands. *Nature Communications*. 7:1–9. Oppenheimer, M., B. C. Glavovic, J. Hinkel, R. van de Wal, A. K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R. M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari. 2019. Sea level rise and implications for low-lying islands, coasts and communities. Pages 321–445 in H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Available: www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-4-sea-level-rise-and-implications-for-low-lying-islands-coasts-and-communities/ (September 2020). [Pages 380, 411.]

Aquatic science shows need for immediate climate action

- Orth, R. J., T. J. B. Carruthers, W. C. Dennison, C. M. Duarte, J. W. Fourqurean, K. L. Heck, Jr., A. R. Hughes, G. A. Kendrick, W. J. Kenworthy, S. Olyarnik, F. T. Short, M. Waycott, and S. L. Williams. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience* 56:987–996.
- Pendleton, L., D. C. Donato, B. C. Murray, S. Crooks, W. A. Jenkins, S. Sifleet, C. Craft, J. W. Fourqurean, J. B. Kauffman, N. Marbá, P. Megonigal, E. Pidgeon, D. Herr, D. Gordon, and A. Baldera. 2012. Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLOS (Public Library of Science) ONE* 7(9):e43542.
- Reguero, B. G., M. W. Beck, V. N. Agostini, P. Kramer, and B. Hancock. 2018. Coral reefs for coastal protection: a new methodological approach and engineering case study in Grenada. *Journal of Environmental Management* 210:146–161.
- Waycotta M., C. M. Duarte, T. J. B. Carruthers, R. J. Orth, W. C. Dennison, S. Olyarnike, A. Calladinea, J. W. Fourqurean, K. L. Heck, Jr., A. R. Hughese, G. A. Kendrick, W. J. Kenworthy, F. T. Short, and S. L. Williams. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:12377–12381.
- Wong, P. P., I. J. Losada, J.-P. Gattuso, J. Hinkel, A. Khattabi, K. L. McInnes, Y. Saito, and A. Sallenger. 2014. Coastal systems and low-lying areas. Pages 361–409 *in* C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Pages 386–388.]
67. Dargie, G. C. 2017. Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex. *Nature* 542:86–90.
- Davies, P. M. 2010. Climate change implications for river restoration in global biodiversity hotspots. *Restoration Ecology* 18:261–268.
- Feld, C. K., M. R. Fernandes, M. T. Ferreira, D. Hering, S. J. Ormerod, M. Venohr, and C. Gutiérrez-Cánovas. 2018. Evaluating riparian solutions to multiple stressor problems in river ecosystems – a conceptual study. *Water Research* 139:381–394.
- Gundersen, P., A. Laurén, L. Finér, E. Ring, H. Koivusalo, M. Sætersdal, J. O. Weslien, B. D. Sigurdsson, L. Högbom, J. Laine, and K. Hansen. 2010. Environmental services provided from riparian forests in the Nordic countries. *Ambio* 39:555–566.
- Baker, J. P., and S. A. Bonar. 2019. Using a mechanistic model to develop management strategies to cool Apache Trout streams under the threat of climate change. *North American Journal of Fisheries Management* 39:849–867.
- Vose, J. M., D. L. Peterson, G. M. Domke, C. J. Fettig, L. A. Joyce, R. E. Keane, C. H. Luce, J. P. Prestemon, L. E. Band, J. S. Clark, N. E. Cooley, A. D’Amato, and J. E. Halofsky. 2018. Forests. Pages 232–267 *in* D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Page 246.]

68. Alexandrov, G. A., V. A. Brovkin, T. Kleinen, and Z. Yu. 2020. The capacity of northern peatlands for long-term carbon sequestration. *Biogeosciences* 17:47–54.
- Camacho, A., A. Picazo, C. Rochera, A. C. Santamans, D. Morant, J. Miralles-Lorenzo, and A. Castillo-Escriva. 2017. Methane emissions in Spanish saline lakes: current rates, temperature and salinity responses, and evolution under different climate change scenarios. *Water* 9:659.
- Crump, J., editor. 2017. *Smoke on water: countering global threats from peatland loss and degradation – a rapid response assessment*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya and GRID. Arendal, Arendal, Norway.
- Leifeld, J., and L. Menichetti. 2018. The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nature Communications* 9:article 1071.
- Ramsar Convention on Wetlands. 2018. *Global wetland outlook: state of the world's wetlands and their services to people*. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
69. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, editors. 2018. Summary for policymakers. Pages 1–24 in *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Available: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf. (September 2020). [Pages 7–11.]
- Pershing, A. J., R. B. Griffis, E. B. Jewett, C. T. Armstrong, J. F. Bruno, D. S. Busch, A. C. Haynie, S. A. Siedlecki, and D. Tommasi. 2018. Oceans and marine resources. Pages 353–390 in D. R. Reidmiller, C. W. Avery, D. R. Easterling, K. E. Kunkel, K. L. M. Lewis, T. K. Maycock, and B. C. Stewart, editors. *Impacts, risks, and adaptation in the United States: fourth national climate assessment, volume II*. U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C. [Pages 362, 364.]
- Porter, J. R., L. Xie, A. J. Challinor, K. Cochrane, S. M. Howden, M. M. Iqbal, D. B. Lobell, and M. I. Trnka. 2014. Food security and food production systems. Pages 485–533 in C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White, editors. *Climate change 2014 – impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York. [Pages 516–517.]
- Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer, editors. 2019. *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*. Available: www.ipcc.ch/srocc/home/. (July 2020). [Pages 17–28, 31–33.]