REVISTA DEL ARCHIVO NACIONAL DE COSTA RICA

ISSN 2215-5600
Vol. 86, 2022: e576
Del 1 de enero al 31 de diciembre 2022
www.archivonacional.go.cr/RAN



Artículo no arbitrado, sección PRISMA

Mirando hacia el futuro con los logros del pasado: declaración de la Academia Nacional de Ciencias en el bicentenario de la independencia de Costa Rica

Looking at the future with the achievements of the past: Statement of the National Academy of Sciences in the bicentennial of Costa Rica independence

Academia Nacional de Ciencias, Costa Rica

La Academia Nacional de Ciencias, es un foro permanente de discusión y análisis científico, con el deber constante de generar una cultura científica y el progreso de la misma, por medio de la investigación y las relaciones científicas entre sus miembros y otras agrupaciones científicas, a través de la colaboración con organismos nacionales e internacionales. anc@anc.cr | COSTA RICA.

Fecha de recepción: 24/06/2022
Fecha de aprobación: 11/10/2022

RESUMEN. Se describen logros y hechos relevantes en el ámbito de la ciencia y la tecnología en las últimas dos centurias, proponiendo una agenda de temas indispensables, sin pretender que sea exhaustiva, que el país debe atender en el futuro, para garantizar que avance por senderos de prosperidad y equidad. Esta agenda incluye los objetivos del desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, biodiversidad, cambio climático antropogénico, recursos hídricos, desastres de origen natural, salud, agricultura, energías limpias, Internet, desarrollo tecnológico e innovación, educación, ventajas competitivas del país, la relevancia de investigación básica, hacia una visión integral y transdisciplinaria de la investigación científica y tecnológica, y un gran reto: el compromiso político con la ciencia y la tecnología.

PALABRAS CLAVE. Desarrollo sostenible; biodiversidad; cambio climático antropogénico; recursos hídricos; desastres de origen natural; salud; agricultura; energías limpias; Internet; desarrollo tecnológico e innovación; educación.

ABSTRACT. *Noteworthy achievements and facts in science and technology in the last two centuries are described, proposing an agenda of indispensable themes without pretending to be exhaustive, which the country should follow in the future to guarantee that it advances along paths of prosperity and equity. This agenda includes the United Nations objectives regarding sustainable development, biodiversity, anthropogenic climate change, water resources, disasters of natural source, health, agriculture, clean energies, Internet, technological development and innovation, education, and competitive advantages of the country. We discuss the relevance of basic research for an integral and transdisciplinary vision of scientific and technological progress, and a great challenge: the political commitment to science and technology.*

KEYWORDS. *Sustainable development; biodiversity; anthropogenic climate change; water resources; disasters of natural source; health; agriculture; clean energies; Internet; technological development and innovation; education.*

1. INTRODUCCIÓN

La Academia Nacional de Ciencias (ANC) resalta logros y hechos relevantes en el ámbito de la ciencia y la tecnología en estas dos centurias, y propone una agenda de temas indispensables, sin pretender que sea exhaustiva, que el país debe atender en el futuro, para garantizar que avance por senderos de prosperidad y equidad.

2. LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS NACIONES UNIDAS

Los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (véase www.un.org), en su agenda para el 2030, incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos actualmente, los que son: Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo; Objetivo 2: Poner fin al hambre; Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el

bienestar para todos en todas las edades; Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos; Objetivo 5: Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas; Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos; Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna; Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos; Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación; Objetivo 10: Reducir la desigualdad en y entre los países; Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles; Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles; Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos; Objetivo 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos; Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad; Objetivo 16: Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas; Objetivo 17: Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Esta agenda constituye un plan básico para conseguir la sostenibilidad ambiental del planeta; la vida y la salud de todas las criaturas vivas; alimento y reducción de la pobreza; educación inclusiva, equitativa y de calidad para nuestra niñez y juventud; igualdad de género en derechos y oportunidades; crecimiento económico inclusivo y sostenible; trabajo y empleo decentes; construcción de infraestructuras resilientes; fomento de la innovación e industrialización sostenible; ciudades más seguras, inclusivas, resilientes, limpias y sostenibles, así como la promoción de la cultura en todas sus manifestaciones. Estos objetivos, fueron, son, y serán prioritarios para los gobiernos y, en su cumplimiento, las ciencias sociales, las ciencias naturales, las ingenierías y las tecnologías desempeñan una función esencial. Buscan el mantenimiento de la vida en la Tierra, el disfrute de un entorno amigable, salud y bienestar de los seres humanos, y la prosperidad económica en un marco de sostenibilidad. Todo ello es posible si existe voluntad política, y se promueve la amplia participación de la ciudadanía (Fernández, 2021).

3. BIODIVERSIDAD

La biodiversidad, o sea, la variedad y variabilidad biológica de la vida sobre la Tierra, está compuesta por los genes, las especies y los ecosistemas que, en conjunto, constituyen la biosfera. La biodiversidad, entonces, incluye el número, abundancia, variedad funcional, distribución espacial y, las interacciones de los diversos genotipos, especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas (Balvanera *et al.*, 2016).

Los seres humanos somos parte de esa biodiversidad, y nuestra existencia está ligada, indisolublemente, a la integridad del planeta y a los servicios que este nos presta (Millenium Ecosystem Assessment, 2005; Faith, 2021). La UICN (1980) argumenta que la conservación de la diversidad biológica es importante, porque muchas de las especies que ahora parecen dispensables, pueden eventualmente proporcionar productos importantes para la alimentación, cura de enfermedades, la industria y otros usos, o son indispensables para mantener la vida en ecosistemas de los cuales dependemos, porque nos brindan servicios básicos y recreo estético. La preservación de la biodiversidad es, así, un asunto de seguridad e inversión, que permite mantener opciones abiertas de beneficio para las futuras generaciones (Faith, 2021). La extinción de especies, por el contrario, constituye una reducción de futuras opciones de bienestar para la humanidad, y refleja tres dimensiones del desarrollo sostenible: ecología, economía y sociedad (Faith, 2021).

La riqueza biológica terrestre y marina de Costa Rica es extraordinaria (Janzen, 1986; Gámez y Obando, 2004; Cortés, 2009; Cortés *et al.*, 2017; Wehrtmann *et al.*, 2009; Kapelle, 2016), gracias a la ubicación del país en el trópico, en el cual se concentra la mayor biodiversidad del planeta, a la variedad de sus ecosistemas, y a su posición como puente biogeográfico entre Norte y Sur América. El interés por conocer y utilizar la biodiversidad de nuestro país data de épocas precolombinas, en las que constituyó la base del desarrollo de nuestras culturas autóctonas. Esa riqueza biológica atrajo a numerosos científicos y naturalistas europeos desde tiempos coloniales, y en las primeras etapas de nuestra vida republicana. Este hecho, ligado a las características sociales, políticas y culturales del país, han permitido la continuidad e incremento del interés científico, tanto a nivel nacional como internacional, asociado a las instituciones públicas, privadas y a la sociedad civil organizada (Gámez *et al.*, 2021).

Es muy probable que menos de la mitad de las especies terrestres de Costa Rica han sido descubiertas y descritas por la ciencia. Aún menos conocida es la biodiversidad marina, a pesar de los esfuerzos realizados, especialmente por el sector académico (*i.g.,* Cortés, 2009; Wehrtmann *et al.*, 2009). Es preciso anotar, que los estudios de biodiversidad en el Mar Caribe han sido menos numerosos que los realizados en el Océano Pacífico (*i.g.,* Cortés, 2009; Wehrtmann *et al.*, 2009). Por otra parte, la ubicación geográfica de Costa Rica entre dos mares, Mar Caribe y Océano Pacífico, y la presencia de la Isla del Coco lejos de la costa Pacífica, proporciona al país un territorio marino casi 12 veces mayor que el terrestre (Cortés 2016a, b, c). Además, el fenómeno oceanográfico del Domo Térmico de Costa Rica, que se da mayormente en aguas internacionales del Océano Pacífico, también desempeña una función importante en la riqueza marina de Costa Rica. En el Domo Térmico se generan condiciones particulares de nutrientes, que favorecen el crecimiento de poblaciones planctónicas y organismos mayores. Es, también, una zona de tránsito de especies migratorias; sin embargo, este Domo Térmico es muy desconocido todavía (*i.g.,* Ross *et al.*, 2019). Esta vasta extensión marina constituye una gama de enormes hábitats sin explorar, que sostienen la vida no solo de nuestro país, sino del Planeta. El cambio climático, que afecta profundamente la vida marina, el desarrollo de nueva infraestructura, las prácticas destructivas de pesca (*i.g.,* la pesca de arrastre), la pesca ilegal, y la posible explotación minera de los fondos profundos, incidirán en una pérdida de la biodiversidad marina, sin que esta haya sido conocida y registrada para el país. Representa una prioridad en la agenda ambiental presente y futura, profundizar en el conocimiento científico de la biodiversidad marina existente, sus posibles servicios ambientales, y las alteraciones que sufre. Congruente con lo anterior, es imprescindible también implementar la legislación y las políticas que permitan la conservación y uso racional de estos recursos expuestos al deterioro o extinción, debido a la sobreexplotación, contaminación y carencia de legislación adecuada.

El crecimiento poblacional acelerado, que se inició hacia la mitad del siglo pasado, ligado a una creciente expansión urbana desordenada, la acelerada demanda de tierras para la producción agrícola y ganadera, y la explotación de los recursos marinos, destruyeron buena parte de la riqueza natural de nuestros bosques y mares. La reacción de los sectores académicos y grupos conservacionistas, unida a las iniciativas del sector estatal, permitieron al país recuperar buena parte de las áreas degradadas, aunque debe tenerse en cuenta, que mucha de la reforestación ha sido hecha utilizando especies introducidas (*i.g.,* teca, *Tectona grandis*; melina, *Gmelina arborea*) que no reemplazan las especies nativas en los ecosistemas. También se han preservado áreas aún prístinas. Esto, unido al énfasis en el incremento y

popularización del conocimiento de nuestra biodiversidad, a su utilización inteligente y no destructiva para promover el desarrollo social y económico (*i.g.,* investigación y educación; turismo naturalista), le han traído al país enormes beneficios sociales y económicos, a la vez que prestigio internacional (Gámez *et al.*, 2021).

El hecho de que los acuerdos internacionales para evitar la pérdida de biodiversidad y detener el cambio climático no han sido cumplidos, particularmente por los países industrializados que siguen siendo los principales responsables del cambio global que estamos experimentando, ha motivado que las entidades científicas del mundo, adviertan sobre la seriedad del problema, y reiteren el urgente llamado a sus Gobiernos, para que implementen las acciones urgentes que permitan detener la pérdida de biodiversidad (*i.g., Science Academies of the Group of Seven* (G7), 2021). La conservación de la biodiversidad es, finalmente, un acto de justicia intergeneracional, porque es injusto limitar las opciones de sobrevivencia de las futuras generaciones (Schroeder y Pisupati, 2010). Esto requiere la colaboración y participación conjunta de todos los sectores de la sociedad. Por sus logros en el pasado, y con base en un sólido conocimiento científico y tecnológico, Costa Rica está en posición de tomar una posición de liderazgo a nivel mundial en la lucha inevitable por preservar la Tierra.

4. CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO

El término “cambio global” se refiere a cambios en las interacciones de los procesos físicos, químicos y biológicos que regulan los cambios en el funcionamiento del “sistema Tierra”, incluyendo los mecanismos por los cuales estos cambios son influidos por la actividad humana. La alteración de los mecanismos físicos que regulan el comportamiento atmosférico implica cambios en el clima (cambio climático), así como cambios en procesos oceánicos, lo cual retroalimenta el cambio global y, por ende, provoca cambios ambientales de repercusión mundial. Desde hace varios años se ha documentado un incremento de los gases que producen efecto invernadero en la atmósfera (lo que conlleva un incremento de la temperatura y la acidificación de los océanos). Estos cambios están correlacionados con actividades humanas, principalmente la deforestación y la combustión de petróleo y sus derivados.

El calentamiento global ya tiene como resultado un aumento en el nivel documentado del mar, aguas más cálidas y perturbaciones en el ciclo hidrológico (*i.g.,* IPCC, 2021), e incluso un potencial aumento en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales, lo que, en conjunto, tiene un impacto significativo en los ecosistemas marinos y costeros, particularmente en los arrecifes coralinos y los manglares. Así mismo, preocupan los posibles cambios en las corrientes marinas, como la Corriente del Golfo de México, que producirían inviernos muy severos en algunas regiones. Hasta el momento, no se ha observado un aumento en la frecuencia o la intensidad de los ciclones tropicales en nuestra región (Amador *et al.*, 2016, Poveda *et al.*, 2020), pero el esperado continuo crecimiento global de la temperatura oceánica y atmosférica podrían cambiar las condiciones del sistema climático hacia escenarios más perturbadores. Los cambios en los patrones de lluvia y las consecuentes variaciones en la humedad del suelo pueden afectar los bosques y los cultivos. En el pasado, algunos ecosistemas (por ejemplo, los bosques tropicales) se adaptaron a cambios climáticos, pero esta adaptación ocurrió durante períodos de tiempo muy largos (al menos cientos o miles de años). El calentamiento global inducido por la actividad humana es mucho más brusco y, requiere de adaptaciones en períodos mucho más cortos.

Las tendencias de temperatura del aire en América Central, en el período 1970-1999, muestran un calentamiento significativo de la región, mientras que las tendencias de precipitación no son tan consistentes (Alfaro-Córdoba *et al.*, 2020). El aumento de la temperatura implica un aumento en la demanda de agua de la atmósfera, representada por la evaporación potencial asociada con el calentamiento. Esto puede traer aumentos en la aridez, dado que no hay aumento en la oferta de agua (precipitación) en los datos observados. El aumento de la aridez aún no es significativo en América Central hasta ahora, pero es de particular preocupación en Costa Rica, ya que existe una tendencia significativa hacia la aridez en Guanacaste, que es la zona más seca del país (Alfaro-Córdoba *et al.*, 2020). El aumento en aridez implica suelos más secos; esto disminuye la disponibilidad del recurso hídrico, y provoca impactos adversos en los sistemas sociales y ambientales (*i.g.,* aumento en el potencial de incendios forestales, efectos en los rendimientos de la producción agrícola y pecuaria, estrés en las especies y los ecosistemas, degradación de los suelos, incremento en migraciones climáticas y otros). Hay también indicios de que, en los últimos años (1970-2010), los eventos extremos de precipitación lluviosa han ido en aumento en Costa Rica (Hidalgo, 2021). Así, aunque los acumulados anuales de precipitación no han cambiado mucho con el tiempo, el régimen de lluvia si ha variado; las tormentas grandes son cada vez más intensas y hay un potencial aumento en la frecuencia de huracanes.

Los últimos modelos climáticos de circulación general, usados para proyectar el clima futuro, sugieren tendencias hacia un calentamiento monolítico que resultará en temperaturas más altas, de 1,5 oC a 4,5 oC, respecto al período histórico (1995-2014), antes de que finalice el siglo XXI, así como reducciones de precipitación lluviosa del 5% al 20% (Alzmaroui *et al.*, 2021). Ello provocará múltiples cambios en la fauna y flora del país, debido al desplazamiento hacia mayores alturas de especies de plantas y animales, con la consecuente desaparición de un porcentaje elevado del páramo y las especies endémicas de estos hábitats en Costa Rica. Se estima que para el año 2100, el páramo en los volcanes Irazú y Turrialba habrá desaparecido, y el resto del páramo costarricense se reducirá ostensiblemente en un 95 %, lo que condenaría a gran cantidad de especies a su extinción en el país (Kohlmann *et al.*, 2019). También hay evidencias de los efectos negativos en la calidad del hábitat de los anfibios, en los bosques nubosos de Monteverde, por alteraciones en los patrones de lluvia y temperatura (Pounds y Crump, 1994), en la mortalidad de árboles, por efecto de una sequía extrema en los bosques secos de Guanacaste (Powers *et al.*, 2020) y en la disminución de insectos en los bosques del Área de Conservación de Guanacaste (Janzen y Hallwachs, 2021).

Es urgente, entonces, definir estrategias y acciones específicas (locales y globales), para mitigar los efectos del cambio climático. El principal factor es la reducción de las emisiones de los gases que producen efecto invernadero, por lo que se deben apoyar las convenciones y tratados internacionales, como el Acuerdo de París (2015). Además, a nivel local, se deben fortalecer y elaborar nuevas estrategias de conservación de ecosistemas y biodiversidad terrestre, dulceacuícola y marina, sin relegar la importancia de proteger también la salud humana y las actividades económicas, que ya están siendo afectadas por el cambio climático. Es relevante recalcar que la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero e incluso la carbono neutralidad a nivel planetario, no detendrán el calentamiento global; solo un cambio radical hacia carbono negatividad, secuestrando todo el carbono que hemos enviado a la atmósfera desde la revolución industrial, podrá detener esa tendencia (Protti, 2017).

Como se puede apreciar, la magnitud del problema es grande; requiere de la cooperación internacional, para implementar medidas que regulen el impacto del ser humano en el clima y, en general, en el medio ambiente. A nivel nacional, esta tarea demanda un amplio conocimiento científico sobre este proceso de gran complejidad, con trabajo multidisciplinario y transdisciplinario. Se ocuparán fuertes vínculos internacionales, que contemplen los

diferentes ángulos del problema, y con una activa participación de la comunidad académica y política. Será clave un amplio consenso legislativo y, especialmente, de la población en general, en el marco de la construcción colectiva del conocimiento de una sociedad bioalfabetizada, que busca la autonomía energética sin combustibles fósiles.

5. RECURSOS HÍDRICOS

El agua es la base de la vida, y hoy se ha convertido en un bien social y económico, cuyo uso puede volverse insostenible por dos razones: a) alteraciones en las fuentes y flujos que cambian su disponibilidad en espacio y tiempo, y b) alteraciones en la demanda por los beneficios que proporciona el recurso, debido a cambios en los estándares de vida, tecnología, aumento de la población y diversas formas de contaminación (Flores, 2000). En comparación con muchos países del mundo, Costa Rica tiene una amplia disponibilidad de agua (alrededor de 25.900 m^3 hab^{-1} $año^{-1}$) y un porcentaje muy bajo de uso (alrededor de 2,4%); por eso, es un país con un estrés hídrico muy bajo. Sin embargo, estos promedios nacionales son indicadores deficientes del potencial de explotación adicional del país, y de la situación de estrés en algunas regiones, en términos del abastecimiento, y de la calidad de los recursos hídricos. De hecho, cuando se toman en cuenta limitaciones como la conservación de agua para garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales y el desarrollo socioeconómico, el porcentaje de uso adecuado del agua puede ser muy bajo. Esto sugiere que más y mejores estudios de manejo y planeamiento integrado de cuencas son necesarios para optimizar el uso de los recursos hídricos (Hidalgo, 2012).

Costa Rica es un país de grandes contrastes en el tema del uso y conservación de los recursos hídricos, los ecosistemas y el ambiente. Durante las últimas décadas ha habido un interés creciente en conservar los bosques, los suelos, y otros recursos naturales que han sido reconocidos internacionalmente; no obstante, todavía hay muchos problemas ambientales severos y persistentes. Los casos de sobreexplotación y de calidad de aguas en ambientes terrestres, costeros y marinos, quizás constituyen uno de los más graves (Hidalgo, 2012). Las aguas subterráneas y superficiales están contaminadas. Los ríos llevan basura, aguas servidas y otras sustancias peligrosas. El alcantarillado sanitario es insuficiente, y parte del que existe no está en buenas condiciones; la agricultura intensiva utiliza aún agroquímicos

cuyos residuos contaminan el suelo y las aguas superficiales. La contaminación llega al Golfo de Nicoya y otras áreas, y ejerce un fuerte impacto negativo sobre la biota marina y costera (Flores, 2000). Los contaminantes también alcanzan los acuíferos que abastecen más del 60 por ciento de los acueductos urbanos y rurales. Hay nitratos y cloruros en diversos acuíferos, y es probable que existan otros contaminantes (Flores, 2000). En resumen, el crecimiento urbano no planificado (Gran Área Metropolitana, Moín, Cahuita, Golfito y otros), el sobreuso y mal uso de agroquímicos (agricultura intensiva), la intrusión salina y la sobreexplotación en áreas costeras, han puesto los acuíferos del país en peligro (Flores, 2000). El problema es serio y debe ser atendido. Es preciso considerar las necesidades humanas básicas, los requisitos ecológicos del agua, la función de las comunidades, las prácticas culturales de los habitantes, y las necesidades futuras. Los criterios de sostenibilidad deben garantizar el mantenimiento de la salud humana y de los ecosistemas, estándares mínimos de calidad del agua, normativa jurídica de uso y conservación y voluntad política para hacerla cumplir.

Otro aspecto importante, en relación con el recurso hídrico, es la evidencia de que los aumentos en la aridez puedan causar problemas en la disponibilidad de agua para diversos usos (*i.g.,* Neelin *et al.*, 2006). El efecto de la variabilidad climática natural, por ejemplo, el causado por eventos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), es grande en nuestro país, debido a nuestra cercanía al centro de acción del proceso. Esto trae consigo retos para el manejo del recurso agua, en términos del estrés hídrico que producen los años extremos. La adaptación a la variabilidad climática natural es un excelente paso previo hacia la adaptación al cambio climático natural y antropogénico. Investigaciones recientes han demostrado que el cambio climático antropogénico hizo que el evento de sequía de 2015-2019 en América Central fuera cuatro veces más probable de ocurrir, y que, en el futuro, estos eventos van a ser más frecuentes (Pascale *et al.*, 2021). Esto es relevante, porque Costa Rica todavía depende en gran parte de la energía hidroeléctrica (75 %), y un porcentaje muy alto de la población e industria (90 %) se abastece de fuentes de agua subterránea, asociadas a la distribución de las precipitaciones regionales, en espacio y tiempo. También se debe resaltar que el aumento de intensidad y frecuencias de grandes tormentas y huracanes traen consigo un aumento de la erosión que provoca la lluvia, lo que aumenta las tasas de erosión de suelos, y cargas de sedimentos en los sistemas fluviales y litorales. Estas alteraciones tienen consecuencias en la productividad del país, y en el impulso de medidas de mitigación como la conservación de suelos. El impacto del cambio climático sobre el recurso hídrico es cada vez más evidente (*i.g.,* IPCC, 2021).

El desarrollo de estudios integrados de cuencas que alimentan sistemas de soporte de decisiones para el manejo, planeamiento y la mitigación y preparación de desastres inducidos por el clima, así como otras acciones relacionadas como el desarrollo de un plan de ordenamiento territorial, puede ayudar a salvar vidas, garantizar sostenibilidad, proteger y reducir el impacto humano en los recursos naturales y ecosistemas, reducir el impacto socioeconómico de la variabilidad climática, ayudar en la optimización de recursos humanos y económicos, ayudar a la adaptación al cambio climático, incrementar la preparación contra eventos hidrometeorológicos extremos (sequías e inundaciones) y proteger la infraestructura vital. Tales sistemas son necesarios, debido a la complejidad del manejo y planeamiento de los recursos hídricos, especialmente en Costa Rica, donde las leyes y el marco institucional que gobierna el manejo de los recursos hídricos son, con frecuencia, inadecuados para resolver los problemas actuales. Además, los beneficios para la sociedad de estos sistemas superan grandemente los costos de implementación y operación. Se necesitan más estudios económicos para evaluar no sólo los beneficios y costos de implementación, sino también los costos de no actuar para la sociedad. Esto ayudará a conseguir fondos y establecer prioridades bajo presupuestos limitados (Hidalgo, 2012). Lo anterior implica que es necesario lograr una mejor conexión de una gran parte de la investigación de la academia, instituciones del Estado y de la industria, con otras partes interesadas (gobierno, responsables de la toma de decisiones, gobiernos locales, organizaciones no gubernamentales y la comunidad).

6. DESASTRES DE ORIGEN NATURAL

América Central es una región ubicada en el cinturón de fuego del Océano Pacífico, en medio del Océano Pacífico y del Mar Caribe; por ende, cuenta con una importante actividad sísmica y volcánica. Algunas previsiones de mentes visionarias, como las reglamentaciones y los códigos sísmicos y de construcción, han hecho la diferencia entre Costa Rica y el resto de la región. A ello, se le agrega que en Costa Rica los parques nacionales han funcionado como zonas de amortiguamiento hacia el desarrollo urbano (Bundschuh y Alvarado, 2007; Alvarado y Cordero, 2021), reduciendo el impacto que sobre la población tienen los procesos volcánicos. El país también presenta condiciones climáticas asociadas a la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) como generadora estacional de precipitación, al impacto de frentes fríos, depresiones y ciclones tropicales, los cuales han influido en la geomorfología del relieve

de la región que, unido a los modelos de ocupación de territorios, generan importantes escenarios de riesgo y desastres hidrometeorológicos, entre otros. Los últimos desastres demuestran una tendencia hacia el aumento, durante las últimas décadas y principalmente durante los últimos años. Debido a su impacto y las pérdidas socioeconómicas que estos han generado en la región, se han impulsado esfuerzos en conjunto entre países para disminuir los factores de riesgo. En 1999, los mandatarios de la región reconocieron la necesidad de un compromiso centroamericano integral e intersectorial público y privado, así como de la comunidad en general; en ese contexto se adoptó el Marco Estratégico para la Reducción de las Vulnerabilidades y Desastres en Centroamérica (Campos y Quesada-Román, 2017b).

La mayor parte de los desastres a nivel mundial han sido causados por eventos meteorológicos como lluvias, tormentas e inundaciones, aunado a los deslizamientos. Regionalmente, América Central ha sido afectada por este tipo de eventos siendo una de las regiones del mundo más vulnerables a riegos climatológicos. Costa Rica, por su parte, presenta importantes condiciones de vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos debido a sus condiciones geográficas, geológicas, geomorfológicas y climatológicas, produciendo así un impacto sustancial en la dinámica socioeconómica del país, asociado principalmente al crecimiento urbano sin planificación territorial. Los eventos hidrometeorológicos extremos que afectan al país están asociados principalmente a: los ciclones tropicales en el Pacífico y el Caribe, los sistemas de bajas presiones, la ZCIT, las ondas tropicales y los frentes fríos. Además, a la afectación que se da producto directamente del ENOS, este juega un papel determínate en la frecuencia del número de tormentas en la región, el aumento/disminución en el número de ciclones tropicales es función de la fase que presenta esa oscilación (Campos y Quesada-Román, 2017a). Las inundaciones y los deslizamientos son los procesos que más calamidades traen año con año a nuestro país, incluyendo la destrucción y muertes. Ello es algo a lo cual se debe de prestar particular atención, en particular hacia una mejor gestión del paisaje rural y ordenamiento del espacio urbano más efectiva en sectores donde las inundaciones y los deslizamientos son frecuentes, además de que las leyes se hagan cumplir, como la de no construir en la ribera de ríos y quebradas, ley que nunca se ha cumplido a cabalidad.

7. SALUD

El sistema de salud de Costa Rica ha sido considerado, nacional e internacionalmente, tan exitoso y eficiente como el de muchos países desarrollados, lo cual se refleja en el control de enfermedades infectocontagiosas, una baja tasa de mortalidad infantil, y un aumento en la expectativa de vida junto con una amplia cobertura de los servicios de salud públicos a la población. Estos importantes logros han sido producto de un esfuerzo colectivo nacional, con la participación de amplios sectores y el desarrollo de un marco institucional público que es parte de nuestro estado social de derecho.

Para consolidar los avances logrados, es imprescindible el acceso a una vivienda digna, agua potable, electricidad, empleo, educación, actividades recreativas y servicios sociales de salud pública, los cuales son factores claves que conducen al aumento de la calidad de vida en todas sus expresiones. Costa Rica adoptó este sistema de la salud desde la segunda mitad del Siglo XX, con la creación, en 1941, de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), aunque esfuerzos importantes en este rubro se han dado desde el siglo XIX (Botey-Sobrado, 2019). El compromiso con la salud pública y el bienestar de toda la población se han manifestado mediante el desarrollo de instituciones encargadas del acceso a vivienda, educación gratuita y obligatoria, suministro de agua potable, el desarrollo sanitario a nivel rural, un sistema de salud pública con una red de más de dos mil equipos básicos de atención integral en salud (EBAIS), y hospitales en todas las capitales provinciales. No obstante estos logros, las crisis económicas globales y nacionales desde la década de los 80 del siglo pasado, los conflictos regionales, la creciente desigualdad, y los cambios en el perfil epidemiológico y demográfico de Costa Rica, plantean retos enormes para mantener y fortalecer su amplio avance en la salud pública.

Paralelo al desarrollo de las instituciones de salud pública, el país ha generado una comunidad de investigación en esta área que se ha consolidado en diversos campos y temas. Esta capacidad para generar conocimiento sobre los temas de salud que atañen al país ha contribuido al fortalecimiento de los servicios ya existentes y al conocimiento de las enfermedades que nos afectan. La investigación en salud de Costa Rica tiene antecedentes que datan de fines del siglo XIX, gracias al trabajo pionero de profesionales de la salud, proceso que se fue consolidando a lo largo del siglo XX con la creación de instituciones,

especialmente la CCSS, la Universidad de Costa Rica (UCR), las otras universidades públicas y el Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA) en el Ministerio de Salud. El país cuenta con importantes contingentes de profesionales dedicados a la investigación en salud, tanto en el sector público como en organismos no gubernamentales, lo cual se ha demostrado en la pandemia de la COVID-19.

El desarrollo de la investigación en esta área se ha dado en cuatro grandes ámbitos: (1) investigación biomédica básica, con estudios avanzados en enfermedades infectocontagiosas, farmacología y toxicología, bioquímica, biología molecular, genética humana, envejecimiento, cáncer, neurociencias y nutrición. (2) Investigación epidemiológica y clínica, centrada en ensayos clínicos experimentales, estudios de carácter retrospectivo e investigaciones sobre la epidemiología de diversas enfermedades. (3) Investigación en aspectos sociales de la salud, incluyendo políticas de salud, economía de la salud, accesibilidad de los servicios y determinantes sociales de la salud. (4) Investigación tecnológica en salud, con el desarrollo de algunos medicamentos, pruebas diagnósticas, nuevas iniciativas en cáncer, incluyendo medicina nuclear, y la aplicación de la ciencia de materiales a la salud.

De cara al futuro, el país se enfrenta a retos enormes en salud, debido a la complejidad de enfermedades propias del envejecimiento de la población, y al incremento de las enfermedades crónicas, como la diabetes tipo-2 y enfermedades cardiovasculares, males ligados a deficiencias y hábitos nutricionales, aunados a la creciente brecha social, el impacto económico de la pandemia, el incremento en los costos de los servicios de salud y los cambios epidemiológicos, además de los posibles efectos del cambio climático y otras alteraciones ambientales en la salud. Mundialmente se ha observado que los trastornos neurológicos, mentales, el abuso de sustancias y las enfermedades crónicas propias del envejecimiento y del estilo de vida son complejos, y requieren un abordaje inter- y transdiciplinario, en el que se conjugan los elementos estrictamente biomédicos con el análisis de los determinantes sociales de la salud, y con el desarrollo tecnológico en este ámbito. Ante este reto, consolidar una sólida base científica y tecnológica en este campo, junto con políticas públicas que fomenten una vida saludable en la población y fortalezcan la equidad, la universalidad y la calidad de los servicios de salud, le permitirán al país seguir avanzando por la senda del bienestar colectivo.

Aunado a lo anterior, Costa Rica está enfrentando uno de los desafíos más grandes de la historia: el impacto de la COVID-19, un suceso inesperado y de enormes consecuencias en la salud, la educación y la economía. Las decisiones basadas en evidencia científica permitirán lograr las mejores soluciones para la población, lo que demanda una estrecha relación entre la comunidad científica, las autoridades y la población en general.

La pandemia de la COVID-19 nos ha deparado una serie de lecciones para reaccionar con rapidez ante futuras epidemias y pandemias, así como ante desastres naturales de diversa índole. Las lecciones abarcan aspectos sociales, psicológicos, económicos, culturales y biomédicos que se deben analizar con seriedad y profundidad. Además, se demostró el impacto positivo de la vacunación y se reforzó la importancia de la vigilancia epidemiológica y el desarrollo de tecnologías diagnósticas y terapéuticas mediante el trabajo mancomunado de instituciones y grupos de investigación. Se generó en poco tiempo un producto terapéutico basado en anticuerpos de caballo contra el virus SARS-CoV-2, el cual está siendo evaluado en ensayos clínicos en Costa Rica. Varios grupos aportaron conocimiento para el desarrollo de otros insumos diagnósticos y terapéuticos. Además, un esfuerzo conjunto de la CCSS, el Ministerio de Salud, la UCR, organizaciones de investigación no gubernamentales y organismos internacionales lleva a cabo un extenso estudio sobre la respuesta inmune al SARS-CoV-2, la transmisión intrafamiliar y las secuelas de la COVID-19. Es importante que las lecciones aprendidas en esta crisis sanitaria se analicen cuidadosamente, de modo que el sistema esté mejor preparado para futuras contingencias de salud causadas por enfermedades infecciosas o por catástrofes de origen socio-natural. En este escenario, la investigación científica y tecnológica y la aplicación del conocimiento a la salud pública serán componentes fundamentales para el bienestar de la población.

8. AGRICULTURA

Es importante y necesario revisar el desarrollo agrícola del país, el cual se puede resumir en los siguientes puntos:

(a) En un contexto de alta vulnerabilidad ambiental, asociado a un aprovechamiento inadecuado del territorio, urbanización no planificada, desigualdad, pobreza, migraciones y

degradación ambiental (Banco Mundial, 2019), sumado a hechos de corrupción y narcotráfico, el acaecimiento de las amenazas naturales se traduce frecuentemente en desastres, cuyos impactos en pérdidas humanas y económicas tienen gran incidencia en el manejo de las tierras y la sostenibilidad de los procesos de desarrollo. Existen políticas y leyes vigentes relacionadas con el sector agrícola y ecológico del país (FAO, 2015).

(b) Existen trabajos sobre la evolución histórica del sector agrícola y pecuario del país (Sáenz-Maroto, 1970), y de los recursos disponibles para enfrentar el futuro de la investigación y la producción agropecuaria del territorio (Alvarado y Navarro, 2005; Jiménez *et al.*, 2017).

(c) Durante la conquista y la colonia se afectó la distribución de la tierra con el otorgamiento de encomiendas que luego se transformaron en haciendas y posteriormente en latifundios, con miras a la expansión de la ganadería y de productos de exportación como caoba, pino, banano, hule, abacá y cacao. Durante este período la investigación sobre asuntos agrícolas y ambientales fue casi nula, a pesar de la llegada de viajeros y naturalistas principalmente europeos. Posteriormente, el sector agropecuario de la Costa Rica reciente ha pasado por diferentes transiciones en su estructura productiva, determinadas por contextos internacionales que han terminado definiendo las políticas públicas (Sáenz-Segura *et al.*, 2017).

(d) Así, se han desarrollado, y luego casi desaparecido, sistemas de autoconsumo y comercialización, o agroexportación de cultivos tradicionales introducidos al territorio nacional (*i.g.,* café, banano, carne, azúcar y piña) y, más recientemente, con la apertura comercial y la globalización, "booms" que tienen su auge y caída, causados por cambios en los mercados internacionales (*i.g.,* yuca, cacao, palmito, ornamentales, fresa, melón y pesqueros, entre otros). También se han reducido las pérdidas postcosecha, gracias al auge de la agroindustria, y a la utilización de desechos sólidos en proyectos de mejoramiento ambiental.

(e) Se concluye que la economía ha evolucionado desde un desarrollo basado en la producción agrícola tradicional, en el que la silvicultura tiene un papel importante, particularmente en regiones estacionalmente secas, a otro dependiente de la producción agrícola e industrial, y finalmente a un tercero en el que además es relevante el sector servicios (*i.g.,* turismo) y la forestería (*i.g.,* reforestación) (Alvarado y Navarro 2005; Jiménez *et al.*, 2017).

(f) El sector agrícola tradicional consiste en fincas pequeñas que incluyen el ecoturismo de pequeña escala y la siembra de la mayoría de los productos de consumo interno. El mismo está en manos de pequeños agricultores, provee de alimentos a la población más marginada y a la mesa urbana, a precios más bajos que los de mercado, aunque más del 60% de los granos consumidos provienen del exterior y el sector moderno de fincas grandes, que emplea un alto nivel tecnológico, invierte capital, es protegido y subvencionado, es casi exclusivo para el mercado de exportación, es diversificado, y se orienta hacia la agricultura no tradicional (García, 1989; Kaimowitz, 1992; Pérez *et al.*, 2003).

(g) En los ambientes costeros sujetos a inundaciones periódicas y en los alrededores de depósitos de cenizas volcánicas, se reconoce lo dinámico de la formación de los suelos sujetos a deposiciones y deslizamientos continuos, que producen remoción de materiales, causando pérdidas económicas, sociales y ambientales, de gran magnitud. Bajo este panorama, surge en 1970, la empresa privada que participa en los programas nacionales de investigación por rubro, posteriormente conocidos como PITTAs, liderados por técnicos de instituciones de productores como CICAFÉ, DIECA y CORBANA, en conjunto con profesionales públicos.

(h) Recientemente, otros aspectos adquieren relevancia, entre ellos, el reciclaje de nutrimentos, la agricultura orgánica, y los aspectos ecológicos de los ecosistemas, dando un énfasis exagerado a la fijación de carbono, a la contaminación ambiental, y a los efectos de los cambios climáticos.

Una vez resueltos los aspectos sociales mencionados al principio de esta sección, entonces podrán abordarse otros elementos que afectan el futuro del desarrollo agropecuario y forestal (digamos en los próximos 50 años), como los que se mencionan a continuación:

(1) La experiencia reciente sobre falta de agua potable para consumo humano y para riego, requiere de atención inmediata, en particular en el Valle Central y el Pacífico Norte.

(2) La gran variación de suelos y ecosistemas del país obliga a mejorar los sistemas de producción de alimentos, y la preservación del medio ambiente, a través de prácticas agrícolas y silviculturales más amigables.

(3) El posible impacto ambiental causado por los cambios climáticos recientes debe documentarse con mejores datos de campo, reduciendo los posibles supuestos dominantes en el ambiente científico actual, con el fin de asegurar la productividad de los cultivos, y así la seguridad alimentaria, mejorando la resiliencia de los efectos extremos (*i.g.,* Wong-Parodi y Babcock, 2020).

(4) En el contexto de una población creciente, el advenimiento de nuevas tecnologías y la necesidad de mantener el "Sello Verde" que promueve el turismo, deben integrarse los diferentes sectores productivos, eliminando distorsiones unipersonales, y promoviendo aquellas que mejoren la condición de los trabajadores agrícolas y los precios de sus productos.

9. ENERGÍAS LIMPIAS

El uso de las llamadas energías limpias, o no contaminantes, se irá incrementando conforme se vaya implementando la tendencia mundial de no usar hidrocarburos fósiles, y reducir así emisiones de gases de efecto invernadero. Dentro de éstas están las energías de tipo solar, eólica, geotérmica, por supuesto la tradicional hidráulica, e incluso la energía generada por las olas y corrientes marinas.

Al igual que en otras partes del mundo, los vehículos con motores de combustión interna seguirán existiendo por varios años, y es probable que el auto eléctrico eventualmente los desplace. Mientras tanto, biocombustibles por un lado y el mejoramiento de todo tipo de vehículos eléctricos, irán de la mano con la progresiva renovación de la flotilla mundial. No existe una varita mágica que haga posible la instantánea renovación del parque vehicular ni en Costa Rica, ni en el mundo. Costa Rica posee fuentes de energía renovable y limpia, como las citadas, que están lejos de agotarse y han dado resultados positivos en lo que respecta a la economía nacional y la sostenibilidad ambiental. Su uso debe incrementarse.

Por ello, se deben seguir los objetivos planteados en el Séptimo Programa Nacional de Energía 2015-2030 de Costa Rica (7° PNE) (MINAE, 2015).

Las principales orientaciones del 7° PNE son:

(1) Para el sector electricidad se promueve el aumento de eficiencia energética, ahorro y mejor manejo de la demanda eléctrica.

(2) Para el sector transporte se promueve la utilización de sistemas eficientes de transporte colectivo, que sean ambientalmente más limpios y mitiguen los efectos del calentamiento global, el uso de combustibles alternativos, para así disminuir la dependencia de los hidrocarburos fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero.

En pocas palabras, se busca sostenibilidad energética con bajo nivel de emisiones, a través de una cultura del uso adecuado de la energía que disminuya el relativamente alto costo entrópico en lo concerniente al transporte (infraestructura vial, malos hábitos de conducción vehicular), y el uso ineficiente de la energía en el comercio, hogar, industria y negocios (Jiménez *et al.*, 2017).

Cruz, *et al.* (2016), como parte de un informe de la *Inter American Network of Academies of Sciences* (IANAS) sobre fuentes de energía sustentable, han expresado su inquietud en cuanto a que muchos gobiernos del continente americano no han mostrado una seria preocupación por el uso de biocombustibles.

La meta final para Costa Rica podría ser la autonomía energética, con transporte limpio y electricidad también de fuentes limpias propias, usando las fuentes renovables antes citadas, y otras que los avances tecnológicos puedan introducir. La soberanía energética reduciría nuestra gigantesca cuenta anual (unos US$ 2 mil millones) con las transnacionales del petróleo, pudiendo llegar a la carbono-neutralidad en las emisiones antes de medio siglo, y adaptarnos al inevitable impacto del cambio climático que se ha citado.

10. INTERNET

El cambio drástico de las tecnologías a finales del siglo XX abrió posibilidades insospechadas para la investigación, y llevó a la Universidad de Costa Rica a establecer, a inicios de los años noventa, un proyecto pionero para el acceso de sus investigadores a los nuevos instrumentos.

Esta iniciativa se concretó con la interconexión a la Red Bitnet en noviembre de 1990, y a la Red Internet en enero de 1993. El proyecto se extendió a todas las universidades del país en la década de los 90 y, en el año 2001, se transformó en la Red Internet Avanzada del Instituto Costarricense de Electricidad, que lleva conectividad de banda ancha a todo el territorio nacional (de Téramond, 2021).

En 1992, la *Internet Assigned Numbers Authority* (IANA) delegó el Dominio Superior para Costa Rica, a la recién creada Academia Nacional de Ciencias (ANC). La ANC fue escogida para la administración del dominio país, por su carácter de neutralidad y transparencia. Técnicamente, el sistema de nombres de dominio es el conjunto de protocolos que asocia direcciones con números IP (*Internet Protocol*). En efecto, cada dispositivo en la Internet se identifica por un número, que es traducido a un nombre fácilmente reconocible por las personas, por ejemplo www.anc.cr. Dada la complejidad y requerimientos de seguridad crecientes en el manejo de los dominios, la ANC creó en el año 2000, su unidad especializada NIC Costa Rica (por sus siglas en inglés *Network Information Center*), que se ha convertido en un referente en el manejo de los dominios (de Téramond, 2021; Fernández, 2021).

Más recientemente, se estableció, en el marco de NIC Costa Rica, el punto neutro de intercambio del tráfico entre los operadores de Internet en el país, Costa Rica *Internet Exchange Point* –CRIX por sus siglas en inglés–, que permite disminuir, considerablemente, la latencia en las aplicaciones y los costos de los enlaces transoceánicos. Este proyecto resulta crítico para las aplicaciones en tiempo real, que demanda el trabajo y enseñanza remotos, predominantes durante la pandemia de la COVID-19. El CRIX inició sus operaciones en julio 2014, y tiene hoy en día 44 miembros. El tráfico de intercambio pasó de unos 6 Gpbs (gigabit por segundo), antes de la pandemia en el 2020, a unos 20 Gbps durante el confinamiento el mismo año. En agosto 2021, el tráfico de intercambio sobrepasa los 40 Gbps. CRIX es un sistema redundante con anillos de fibra óptica entre sus dos puntos de acceso en NIC Costa Rica y CODISA. Recientemente se instalaron capas de *switches* de alta capacidad con interfaces ópticas, para la transferencia instantánea de grandes volúmenes de datos entre los operadores. Se espera en un futuro extender el sistema a otros puntos de acceso en el país.

En 2012 se creó el Consejo Consultivo de Internet (CCI) que agrupa los diferentes sectores del país, bajo la coordinación de NIC Costa Rica de la ANC. El CCI está basado en el Modelo de Múltiples Partes Interesadas, y es un punto de referencia en materia de Gobernanza de Internet. Su objetivo es fomentar la discusión sobre el desarrollo de la Internet en Costa Rica, como medio para contribuir al desarrollo del país, y mejorar la calidad de vida de sus habitantes (de Téramond, 2021; Fernández, 2021).

Nuevos desarrollos implican nuevos desafíos, especialmente en las circunstancias actuales, que han hecho evidente la brecha digital existente para una parte importante de la población, que no tiene el acceso necesario a estos instrumentos claves para el trabajo, la salud y, muy especialmente, para la educación, en donde esta brecha es aún mayor (de Téramond, 2021). Por esto, es fundamental lograr una excelente conectividad a Internet en todo el país, que facilite el acceso al mundo del conocimiento para toda la población.

11. DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

La Investigación y Desarrollo (I+D) desempeña una función crítica en el desarrollo de un país. El Manual de Frascati (OCDE, 2015), que es la referencia conceptual en I+D, señala: “La I+D comprende el trabajo creativo y sistemático realizado con el objetivo de aumentar el volumen de conocimiento (incluyendo el conocimiento de la humanidad, la cultura y la sociedad) e idear las nuevas aplicaciones de conocimiento disponible”. Los Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación 2017 para Costa Rica, elaborados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT, 2018), indican que Costa Rica, en 2017, invirtió en I+D solo el 0,43% del PIB, valor inferior al promedio para Latinoamérica, y muy por debajo de lo que invierten los países desarrollados.

La Ley 9971 (Creación de la Promotora Costarricense de Innovación e Investigación), en su artículo 5, define tecnología como “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico” y el desarrollo tecnológico como “trabajos que se dirigen a la fabricación de nuevos materiales, productos o dispositivos; a establecer nuevos procesos, sistemas y servicios; o a la mejora sustancial de los ya existentes”. El desarrollo tecnológico debe constituir una parte fundamental del desarrollo de Costa Rica.

En Costa Rica, el desarrollo tecnológico ha tenido lugar principalmente en algunas áreas, tales como ciencia e ingeniería de la computación y tecnologías de la información (donde el desarrollo de *software* para diversas aplicaciones ha sobresalido), biotecnología, nanotecnología, ciencia e ingeniería de materiales, y también en áreas médicas y farmacéuticas. Empresas de base tecnológica localizadas en Costa Rica, tanto internacionales como nacionales, contribuyen al desarrollo de nuestro país. La Ley 9971, en su artículo 5, define las empresas de base tecnológica como "organizaciones productoras de bienes y servicios, comprometidas con el diseño, desarrollo, y producción de nuevos productos y/o procesos de fabricación innovadores cuyas características y/o usos sean distintos o mejores que los existentes, preferiblemente como mínimo en el país, a través de la aplicación sistemática de conocimientos técnicos y científicos". Entre ellas, cabe mencionar a Intel, que ha jugado un papel sobresaliente en el desarrollo tecnológico a nivel mundial y, por supuesto en nuestro país. Costa Rica debe promover aún más el desarrollo tecnológico y la creación de empresas de base tecnológica.

Otro aspecto es la innovación, concepto que ha evolucionado desde innovación orientada por la ciencia y la tecnología, hasta innovación centrada en las personas. Actualmente se la define como: "Una innovación es un nuevo o mejorado producto o proceso (o una combinación de ambos), que difiere significativamente de los productos o procesos previos de la unidad institucional, y que ha sido puesto a disposición de potenciales personas usuarias (producto), o implementado en la unidad institucional (proceso)" (OECD/Eurostat, 2018: Oslo Manual 2018, 4ª Edición). Esta última definición no hace la distinción entre innovación tecnológica y no tecnológica. Sí se distinguen dos tipos de innovación: innovación de producto e innovación de proceso. Una innovación puede ser la combinación de varios tipos de innovaciones de producto y proceso.

Hay diversas actividades para poder innovar (OECD/Eurostat, 2018: Oslo Manual 2018, 4ª Edición) de las cuales, por su mayor relación al aspecto científico-tecnológico, es importante resaltar las siguientes: Actividades de investigación y desarrollo experimental (I+D); actividades de ingeniería, diseño y otros trabajos creativos; actividades de desarrollo de *software* y de bases de datos; y actividades de gestión de la innovación. Estas actividades deben ser promovidas y apoyadas fuertemente.

Desde el 2007, en el país se han hecho esfuerzos para fomentar la innovación con varias iniciativas, entre ellas: creación de la Comisión Nacional para la Innovación (Atlas para la Innovación en Costa Rica) en 2007, Creación del Consejo Nacional de Innovación en 2009, y Creación del Consejo Presidencial de Competitividad e Innovación en 2010. Recientemente, en 2021, el Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) fue transformado, mediante la Ley 9971, en la Promotora Costarricense de Innovación e Investigación. Se espera que esta institución, al igual que las otras instituciones del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, contribuya en la construcción de una agenda común, en pro del desarrollo integral de Costa Rica (Fernández, 2021). La publicación del Atlas para la Innovación en Costa Rica (MICIT, 2007), elaborado por la Comisión Nacional para la Innovación, fue un logro muy importante al que no se le dio el seguimiento necesario. En esa publicación se cubren cinco áreas para promover la innovación: Estrategia, catalización, financiamiento, articulación y cultura. Además, se describen las relaciones entre dichas áreas. Es muy importante que la Promotora Costarricense de Innovación e Investigación actualice o haga un estudio similar al mencionado Atlas de Innovación.

Ciertamente, los países deben promover fuertemente una cultura de innovación. El desarrollo tecnológico y la innovación son elementos claves que contribuyen fuertemente a fortalecer la base tecnológica e industrial de un país, creando riqueza y proporcionando las bases para una sociedad más desarrollada.

12. EDUCACIÓN

El desarrollo científico y tecnológico está estrechamente ligado a la calidad de todo el sistema educativo, incluyendo la educación preescolar, la primaria, la secundaria, la técnica, la superior y la continua o educación permanente (*i.g.,* Fernández, 2021). La educación es un eje transversal esencial en sociedades que pretenden elevar la calidad de vida de la población y generar personas con un desarrollo integral, un factor esencial en sociedades democráticas.

En lo referente a la educación superior, se requiere que los programas de estudio sean actualizados frecuentemente, teniendo en cuenta los avances científicos y tecnológicos y las

nuevas corrientes didácticas que privilegien la creatividad sobre el aprendizaje pasivo. La investigación debe estar íntimamente ligada a la docencia. Se debe fomentar la creación de nuevos programas interdisciplinarios. Además, los programas de posgrado deben recibir todo el apoyo posible para que, en asocio con la investigación, se constituyan en ejes generadores de personas con sólida formación científica. Es fundamental mantener un excelente sistema de evaluación de los programas y los procesos.

La educación primaria, la secundaria y la técnica deben ser fortalecidas para garantizar la atención a los rezagos producto de la desigualdad, y asegurar equidad en las oportunidades. La educación continua debe ser promovida para garantizar la formación permanente con conocimientos actualizados, esenciales en un mundo que cada vez presenta más desafíos. Se requieren cambios importantes en la forma como se enseña la ciencia en todos los niveles, para superar los estilos memorísticos. Esta enseñanza debe basarse en la reflexión, el sentido crítico, la creatividad y la investigación.

Por otro lado, es fundamental atacar el problema de la exclusión educativa de los estudios secundarios por un porcentaje muy alto de jóvenes, ya que, obviamente, esto repercute en la formación de personal calificado para las labores científicas y tecnológicas, además de que se afecta las posibilidades de estas personas de tener una vida más plena.

Desde hace varias décadas se habla de un deterioro en el sistema público de educación hasta el nivel de secundaria, lo que se ha agravado recientemente con la pandemia de COVID-19. Es importante una determinada acción gubernamental para recuperar la solidez de la educación pública hasta la secundaria, solidez que el país tuvo desde finales del siglo XIX hasta entrada la segunda mitad del siglo XX.

No menos importante es el problema de las oportunidades diferenciadas de acuerdo con el género. En este ámbito existe un enorme reto para combatir ideas estereotipadas de roles de género que afectan el desarrollo vocacional y la posterior elección de carrera. Es bien conocido el efecto que esto conlleva en las carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (STEM por sus siglas en inglés), así como en otras de tipo técnico, en las que existe un sesgo de género muy marcado. Es importante revertir estas tendencias mediante acciones en los planos cultural, educativo y político.

13. VENTAJAS COMPETITIVAS DEL PAÍS

Son ventajas competitivas de Costa Rica la calidad de la educación superior, la fortaleza en ciencias biomédicas, biología, agronomía, geociencias, y algunos campos tecnológicos, así como la condición que ostenta el país de laboratorio natural para la biodiversidad, procesos sísmicos y volcánicos, cambio climático y procesos atmosféricos, oceánicos, e hídricos (Fernández, 2021). Además, se ha constituido en las últimas décadas, en un polo de desarrollo industrial de manufactura y servicios, basados en el uso y desarrollo de alta tecnología. El desarrollo de esas ciencias y los resultados de las investigaciones científicas en esos campos, han sido posibles gracias, en gran medida, a la inversión que las universidades públicas hacen en investigación.

14. LA RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN BÁSICA

La promoción del desarrollo científico y tecnológico debe estimular la generación de nuevo conocimiento en todos los ámbitos; esto es, promoviendo la generación de la capacidad endógena de conocimiento y talento humano en todas las disciplinas, y fortaleciendo la infraestructura y el financiamiento científico y tecnológico de investigación e innovación. Este tema es de fundamental importancia (Gutiérrez, 2019). El sistema de ciencia y tecnología debe fundamentarse en una visión integral, que considere los aportes de las ciencias básicas, las ciencias sociales, el desarrollo tecnológico, la innovación y la apropiación social del conocimiento, en un engranaje multifacético en el que todos los componentes deben recibir la atención debida (Gutiérrez, 2019). Las universidades públicas en Costa Rica, han sido un excelente articulador en la integración de las diferentes áreas, para la generación de nuevo conocimiento.

Hay preguntas que son profundamente relevantes para la ciencia, independientemente de que tengan o no tengan una aplicación inmediata, y muchos de los hallazgos importantes han ocurrido por el simple impulso humano por comprender la realidad. Esos temas científicos, básicos si se quiere, son fundamentales en la labor académica de las universidades, pero también deben ser considerados por los gobiernos. La ciencia es parte de la cultura, y sus beneficios para la sociedad van mucho más allá de los réditos económicos inmediatos (Fernández, 2021).

15. HACIA UNA VISIÓN INTEGRAL Y TRANSDISCIPLINARIA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Es importante tener presente que los problemas globales, como por ejemplo los asociados al cambio climático global, la pérdida de la biodiversidad, la creciente desigualdad social y económica, la provisión limitada de alimentos para amplios sectores de la humanidad, los retos educativos, y los enormes desafíos para la salud global, son temas y problemas de una enorme complejidad. Sobre estos retos, además, enfrentamos los acelerados cambios tecnológicos impulsados por la cuarta revolución industrial y la quinta generación digital. Debido a ello, el estudio de esos temas requiere de abordajes educativos, científicos, tecnológicos y políticos de carácter integral, los cuales permitan comprenderlos en su complejidad y, con base en esa comprensión, ofrecer soluciones y propuestas novedosas para enfrentarlos y aprovechar nuestras ventajas y oportunidades de mejora. Por ello, el futuro de la ciencia y la tecnología tiene que alejarse de las visiones unidisciplinarias y más bien dirigirse por senderos de inter-, multi- y transdisciplinariedad, involucrando a las ciencias naturales, las ciencias sociales, las tecnologías y las humanidades.

El conocimiento científico y tecnológico, la formación del talento humano, y el aprovechamiento de ese conocimiento por parte de la población para el buen vivir, son elementos esenciales en el camino hacia el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible. Pese a las limitaciones diversas de un país como Costa Rica, para consolidar su ciencia y su tecnología, no tenemos otra opción de cara al futuro que apostar por el desarrollo endógeno de conocimiento y de nuestras propias capacidades, con estrechos vínculos internacionales, para tener posibilidades reales de caminar por senderos de equidad, prosperidad y bien común.

Se debe prever y tomar medidas ante nuevos riesgos sistémicos (impactos en cadena que afectan la economía y la sociedad), como lo es en la actualidad la pandemia de la COVID-19. Un evento, similar en intensidad y duración a la erupción de 1963-1965 del volcán Irazú, representaría un riesgo sistémico severo para el país, con el impacto en las cadenas de valores y actividades socioeconómicas, así como del bienestar general. Ante ello, se requiere una visión integral y multidisciplinaria para abordar con antelación este y otros problemas similares.

A lo largo de este texto se ha puesto en evidencia la existencia en el país de una importante capacidad científica y tecnológica que, sin embargo, muestra una preocupante desarticulación entre sus componentes. Ante la señalada falta de redundancia de nuestra comunidad científica, la articulación de esfuerzos es indispensable. Además, como se dijo, los problemas que nuestra sociedad enfrenta exigen cada vez más esfuerzos interdisciplinarios, por lo que debemos velar por un mayor y mejor trabajo conjunto de nuestras instituciones y grupos. Y no se debe olvidar que este esfuerzo también debe articular al sector productivo privado, que debe asumir sus responsabilidades en el fortalecimiento de nuestro desarrollo científico y tecnológico. Así mismo, las alianzas internacionales, incluyendo la diáspora científica costarricense, deben ser parte de este entramado colectivo.

16. UN GRAN RETO: EL COMPROMISO POLÍTICO CON LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Son notables los avances que ha tenido Costa Rica en el ámbito científico y tecnológico, pero el país aún presenta debilidades, que se reflejan en el escaso financiamiento para investigación y desarrollo (0,43% del PIB en 2017), la fragilidad de la comunidad científica en algunas áreas del conocimiento, y la falta de redundancia de masa crítica, entre otros problemas. La base del desarrollo científico y tecnológico descansa en la educación superior, que ha sido un generador de valor social indudable, y ahora enfrenta grandes retos. Sin dejar de apoyar el desarrollo científico, el país requiere de una atención urgente para cerrar brechas ante el avance de la tecnología. Hay grandes oportunidades de mejora si se logra aumentar la oferta y matrícula en carreras STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics)*, ya que hoy día solo un 30% de los estudiantes de todas las universidades públicas y privadas estudian alguna de estas carreras; igualmente, solo un 30% de la matrícula de estas carreras está conformada por mujeres. Mejorar esos porcentajes, aumentar la matrícula, cerrar las brechas de género y ampliar la regionalización de la educación superior tendrían, sin duda, un gran impacto en el desarrollo del país. Aunado a esto, será muy positivo, adecuar un modelo educativo más inclusivo, que aproveche la educación a distancia empleando la virtualidad; un sistema flexible y que fomente las competencias digitales y las habilidades para la vida.

En el contexto de la conmemoración del bicentenario de la independencia, ello demanda una renovada convicción, como país, de que la ciencia y la tecnología endógenas constituyen un elemento central de nuestra viabilidad futura, si se pretende transitar por senderos de bienestar colectivo y prosperidad. Los sectores políticos tienen la enorme responsabilidad de comprender la relevancia que tiene el fortalecimiento de la ciencia y la tecnología nacionales, en fuerte relación con la comunidad científica internacional, incluyendo la diáspora científica costarricense. Los sectores académicos y la sociedad en general deben ser proactivos y exigir que la ciencia y la tecnología tengan el protagonismo que requieren en la vida nacional. La ciencia permite a la población educarse, pensar, preguntarse, generar inquietudes y soluciones. Contribuye, en otras palabras, a gestar una ciudadanía informada y crítica, elemento esencial en cualquier sociedad democrática.

Nuestro Estado debe basar todas sus decisiones en evidencia y para ello el asesoramiento científico al Estado es fundamental. Cada vez más, los diferentes poderes de la República deben buscar asesoramiento en científicos nacionales, principalmente provenientes de las universidades públicas. Es también desde estas instituciones, del Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto y de la ANC, que se está promoviendo la diplomacia científica, como una forma de colaborar con el país en su política exterior. Mantener y consolidar, por parte de los entes políticos, este apoyo académico es fundamental para evitar la indebida injerencia político-partidaria y religiosa en la toma de decisiones fundamentales para Costa Rica. Debemos cultivar una cultura política basada en el conocimiento, no en dogmas.

17. REFERENCIAS

Alfaro-Córdoba, M., Hidalgo, H.G., & Alfaro, E.J. (2020). Aridity trends in Central America: A spatial correlation analysis. Atmosphere, 11, 427. https://doi.org/10.3390/atmos11040427

Alvarado, G. E., & Cordero, M. (2021). Los terremotos en Costa Rica y su influencia en los reglamentos y códigos sísmicos. Rev. Coris, 19, 9-29.

Alvarado A., & Navarro, J.R. (2005). Desarrollo, investigación y agricultura en Costa Rica. Agronomía Costarricense, 29(3), 187-201.

Almazroui, M., Islam, M.N., Saeed, F., Saeed, S., Ismail, M,, Ehsan, M.A., Diallo, I., O'Brien, E., Ashfaq, M., Martínez-Castro, D., Cavazos, T., Cerezo-Mota, R., Tippett, M.K., Gutowski, W.J., Alfaro, E.J., Hidalgo, H.G., Vichot-Llano, A., Campbell, J.D., Kamil, S., Rashid, I.U., Sylla, M.B., Stephenson, T., Taylor, M., & Barlow, M. (2021). Projected changes in temperature and precipitation over the United States, Central America and the Caribbean in CMIP6 GCMs. Earth Syst. Environ., 5. https://doi.org/10.1007/s41748-021-00199-5.

Amador, J. A., Rivera, E.R., Durán-Quesada, A.M., Mora, G., Sáenz, F., Calderón, B., & Mora, N. (2016). The easternmost tropical Pacific. Part I: A climate review. Int. J. Trop. Biol. (Rev. Biol. Trop. ISSN-0034-7744), 64, S1-S22.

Balvanera, P., Quijas, S., Martín-López, B., Barrios, E., Dee, L., Isbell, F., Durance, I., White, P., Blanchard, R., & de Groot, R. (2016). The links between biodiversity and ecosystem services. En: Potschin, M., Haines-Young, R., Fish, R. & Turner, R. K. (eds.). Routledge Handbook of Ecosystem Services. New York: Routledge, pp. 45–61. doi:10.4324/9781315775302-5

Banco Mundial (2019). Informe: Hacia una Centroamérica más resiliente: Pilares para la acción. World Bank (pubrights@worldbank.org), 205 p.

Botey-Sobrado, A.M. (2019). Los Orígenes del Estado de Bienestar en Costa Rica: Salud y Protección Social (1850-1940). Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica, 758 p.

Bundschuh, J., & Alvarado, G.E. (eds.) (2007). Central America: Geology, Resources and Hazards. Taylor & Francis, Londres/London. Vol. 1 + 2: lix + 1311 p.

Campos, D., & Quesada-Román, A. (2017a). Impacto de los eventos hidrometeorológicos en Costa Rica, periodo 2000-2015. Geo UERJ. 30. 440-465. 10.12957/geouerj.2017.26116.

Campos, D., & Quesada-Román, A. (2017b). Riesgos intensivos y extensivos en América Central entre 1990 y 2015. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ. 40. 234- 249. 10.11137/2017_2_234_249.

Cortés, J. (2009). A history of marine biodiversity scientific research in Costa Rica. En: Wehrtmann, I.S., & Cortés, J. (eds.). Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America, Chapter II, p. 47-80. Monographiae Biologicae, Volume 86. Springer + Business Media B.V., Dordrecht.

Cortés, J. (2016a). The Pacific coastal and marine ecosystems. En: Kappelle, M. (ed.). Costa Rican Ecosystems, p. 97-138. University of Chicago Press, Chicago and London.

Cortés, J. (2016b). Isla del Coco: Coastal and marine ecosystems. En: Kappelle M. (ed.). Costa Rican Ecosystems, p. 162-191. University of Chicago Press, Chicago and London.

Cortés, J. (2016c). The Caribbean coastal and marine ecosystems. En: Kappelle, M. (ed.). Costa Rican Ecosystems, p. 591-617. University of Chicago Press, Chicago and London.

Cortés, J., Enochs, I.C., Sibaja-Cordero, J., Hernández, L., Alvarado, J.J., Breedy, O., Cruz-Barraza, J.A., Esquivel-Garrote, O., Fernández-García, C., Hermosillo, A., Kaiser, K.L., Medina-Rosas, P., Morales-Ramírez, Á., Pacheco, C., Pérez-Matus, A., Reyes-Bonilla, H., Riosmena-Rodríguez R., Sánchez-Noguera, C., Wieters, E., & Zapata, F.A. (2017). Marine biodiversity of Eastern Tropical Pacific coral reefs. En: Glynn, P.W., Manzello, D., & Enochs, I. (eds.). Coral Reefs of the Eastern Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment, p. 203-250. Coral Reefs of the World 8. Springer Science+Business Media, Dordrecht.

Cruz, C., Cortez, L., Nogueira, L., Baldassin, R., & Aller, J. M. (2016). Current status and perspectives for bioenergy in Latin America & Caribbean: Addressing sugar cane ethanol. En: Frances, H., Cortez, L., Vammen, K., Estrada, C., Horn, M., Clayton, A., Millhone, J., & de la Cruz Molina, A. (eds.), Guide Towards a Sustainable Energy Future for the Americas, Cap. 6, IANAS: México, 2016.

de Téramond, G. F. (2021). Historia y perspectivas de la Internet en Costa Rica. Revista del Archivo Nacional de Costa Rica, Dossier monográfico: Bicentenario de la Independencia de Costa Rica, Vol. 85, 2021: e536. http://www.dgan.go.cr/RAN/index.php/RAN/article/view/536/450

Faith, D. P. (2021). Biodiversity. En: Zalta, E. N. (ed.). The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2021 Edition). https://plato.stanford.edu/archives/spr2021/entries/biodiversity/

FAO (2015). Base de datos FAOLEX. Perfil Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional – Costa Rica. Plataforma de Seguridad Alimentaria y Nutricional. http://plataformacelac.org/storage/app/uploads/public/562/850/c13/562850c13b41e718065372.pdf

Fernández, W. (2021). La promoción del desarrollo científico y tecnológico en Costa Rica: el papel de la Academia Nacional de Ciencias. Revista del Archivo Nacional de Costa Rica, Dossier monográfico: Bicentenario de la Independencia de Costa Rica, Vol. 85, 2021: e522. http://www.dgan.go.cr/RAN/index.php/RAN/article/view/522/425

Flores, E.M., 2000. Agua. Bien social y económico. La Nación, Opinión (Página 15), 16 de diciembre.

Gámez, R., & Obando, V. (2004). La biodiversidad. En: Rodríguez, E. (ed.), Costa Rica en el Siglo XX. Tomo II. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p. 139-191.

Gámez, R., León, P., & Hilje, L. (2021). La biodiversidad de Costa Rica en dos siglos de vida independiente, y una mirada hacia el tricentenario. Revista del Archivo Nacional de Costa Rica, Dossier monográfico: Bicentenario de la Independencia de Costa Rica, Vol. 85, 2021: e529. http://www.dgan.go.cr/RAN/index.php/RAN/article/view/529/435

García, G. (1989). Assessment of rural development in Central America. En: Ascher, W.; Hubbard, A. (eds.). Central American Recovery and Development. Duke University Press, North Carolina, p. 43-62.

Gutiérrez, J.M. (2019). Reflexiones desde la Academia: Universidad, Ciencia y Sociedad, Editorial ARLEKIN, 190 p.

Hidalgo, H.G. (2012). Los recursos hídricos en Costa Rica: un enfoque estratégico. En: Jiménez Cisneros, B., & Galicia Tundisi, J. (coordinadores), Diagnóstico del Agua en las Américas.. Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS). 447 p.

Hidalgo, H.G. (2021). Climate variability and change in Central America: What does It mean for water managers? Front. Water 2:632739. https://doi.org/10.3389/frwa.2020.632739

IPCC (2021). AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Sixth Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

IUCN (1980). World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). www.iucn.org

Janzen, D.H. (ed.) (1986). Historia Natural de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 822 p.

Janzen, H., & Hallwachs, W. (2021). To us insectometers, it is clear that insect decline in our Costa Rican tropics is real, so let's be kind to the survivors. PNAS, 118 (2), 1-8, e2002546117. https://doi.org/10.1073/pnas.2002546117

Jiménez, V.M., Acuña Gutiérrez, C., Agüero, M., Alvarado, A., Ávila Agüero, M., Blanco, M., Dumani, M., Esquivel, P., Gatica-Arias, A., Guevara, E., Hernández-Pridybailo, A., Hernández, R., Holst, A., Madriz, K., Mata-Segreda, J.F., Quirós-Madrigal, O., Radulovich, R., Salas-Chaves, A., & Solórzano-Cascante, P. (2017). Challenges for food and nutrition security in the Americas: Costa Rica and its commitment to sustainability. En: Clegg, M., Bianchi, E., McNeil, J., Herrera, E., & Vammen, K. (eds.), Challenges for Food and Nutrition Security in the Americas: The View of the Academies of Sciences. Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS) Regional Report, p. 244-263. https://www.researchgate.net/publication/327121117

Kaimowitz, D. (1992). El apoyo tecnológico necesario para promover las exportaciones agrícolas no tradicionales en América Central. IICA, Serie Documentos de Programas Nº 30, San José, Costa Rica, 101 p.

Kapelle, M. (ed.) (2016). Costa Rican Ecosystems. The University of Chicago Press, Chicago, 775 p.

Kohlmann, B., Solís, Á., & Alvarado, G.E. (2019). La paulatina desaparición de los páramos en Costa Rica. La Nación, 15-IX-2019, Áncora, p. 4, San José, https://www.nacion.com/ancora/el-cambio-climatico-acelera-la-desaparicion-de-los/DIKOB5GIIZCFLLXVO2CO7JPK2A/story/

Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

MICIT (2007). Atlas para la innovación en Costa Rica. Flores, E., Cruz, A., Mora, A., Sibaja, E., González, J.M., Jiménez, L.A., Lebendiker, M., & Fernández, W. (autores). Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT), San José, Costa Rica, 52 p.

MICITT (2018). Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación 2017. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), San José, Costa Rica. www.micit.go.cr

MINAE (2015). 7° Programa Nacional de Energía 2015-2030, Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), San José, Costa Rica.

Neelin, J.D., Münnich, M., Su, H., Meyerson, J.E., & Holloway, C.E. (2006). Tropical drying trends in global warming models and observations. PNAS 103:6110-6115. https://doi.org/10.1073/pnas.0601798103

OECD (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.

OECD/Eurostat (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) y Eurostat, Paris.

Pascale, S., Kapnick, S.B., Delworth, T.D., Hidalgo, H.G., & Cooke W.F. (2021). Natural variability vs forced signal in the 2015-19 Central American drought. Climatic Change (en revisión).

Pounds, J.A., & Crump, M.L. (1994). Amphibian declines and climate disturbance: The case of the Golden Toad and the Harlequin Frog. Conservation Biology, 8: 72-85. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08010072.x

Powers, J.S., Vargas G., Brodribb, T.J., Schwartz, N.B., Pérez-Aviles, D., Smith-Martin, C.M., Becknell, J.M., Aureli, F., Blanco, R., Calderón-Morales, E., Calvo-Alvarado, J.C., Calvo-Obando, A.J., Chavarría, M.M., Carvajal-Vanegas, D., Jiménez-Rodríguez, C.D., Murillo Chacon, E., Schaffner, C.M., Werden, L.K., Xu, X., & Medvigy, D. (2020). A catastrophic tropical drought kills hydraulically vulnerable tree species. Glob. Change Biol., 26: 3122– 3133. https://doi.org/10.1111/gcb.15037

Poveda, G., Amador, J., Ambrizzi, T., Bazo, J., Robelo-Gonzalez, E., Rubiera, J., & Vicente-Serrano, S.M. (2020). Tormentas y huracanes. En: Moreno, J.M., Laguna-Defior, C., Barros, V., Calvo Buendia, E., Marengo, J.A. & Oswald Spring, U. (eds.), Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT, p. 347-389, McGraw-Hill, Madrid, España. (ISBN 9788448621643).

Protti, M. (2017). El iceberg de Larsen C y C neutralidad. La Nación, Opinión, San José, 17 de julio de 2017. https://www.nacion.com/opinion/foros/el-iceberg-de-larsen-c-y-carbono-neutralidad/ VNMDMO32TVDERGP2PBAFPW5EWQ/story/

Ross Salazar, E., Jiménez Ramón, J.A., Castro Campos, M., & Blanco Bolaños, M. (2019). Atlas Domo Térmico de Costa Rica. Fundación Marviva, San José, Costa Rica, 108 p.

Sáenz Maroto, A., 1970. Historia Agrícola de Costa Rica (No. 630.97286 S127). Oficina de Publicaciones, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Sáenz-Segura, F. L,e Coq, J.F., & Bonin, M. (2017). Políticas de apoyo a la agroecología en Costa Rica. En: Sabourin, E., Patrouilleau, M.M., Le Coq, J.F., Vásquez, L. & Niederle, P. (orgs.), Políticas públicas a favor de la agroecología en América Latina y el Caribe (Red PP-LA): FAO-. p. 157-188.

Science Academies of the Group of Seven (G7) (2021). Reversing biodiversity loss – the case for urgent action. htpps://royalsociety.org/-/media/about-us/international/g-science-statements/G7-reversing-biodiversity-loss-31-03-2021.pdf

Schroeder, D., & Pisupati, B. (2010). Ethics, Justice and the Convention on Biological Diversity. United Nations Environmental Program (UNEP). www.unep.org

Wehrtmann I.S., Cortés J., & Echeverría-Sáenz S. (2009) Marine biodiversity of Costa Rica: perspectives and conclusions. En: Wehrtmann, I.S., & Cortés J. (eds), Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America, Chapter V, p. 521-533. Monographiae Biologicae, Volume 86, Springer + Business Media B.V., Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8278-8_49

Wilson, E.O. (2002). The Future of life. Alfred A. Knopf Publ., New York. 229 p.

Wong-Parodi, G., & Babcock, M. (2020). Scientific forecast use and factors of influence in water-constrained contexts: The case of Guanacaste, Costa Rica. Climate Services 18 (2020) 100169. https://doi.org/10.1016/j.cliser.2020.100169



SOBRE LA REVISTA DEL ARCHIVO NACIONAL DE COSTA RICA

La Revista del Archivo Nacional (RAN) se dirige a profesionales de Archivística y Ciencias afines, y a personas vinculadas con el quehacer de los archivos y con sus temáticas centrales. Se encuentra incluida en Latindex, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Se produce un volumen cada año.

Sección ARCHIVÍSTICA

Se publican artículos especializados en esta ciencia, que es el corazón mismo de la RAN. No importa si el tema se conecta con otras especialidades; si su tema principal es algún aspecto del quehacer archivístico, es posible publicarlo en esta sección.

Sección CIENCIAS AFINES

La RAN abre también sus páginas a profesionales de otras carreras, siempre que se trate de textos que de alguna forma se vinculen con el quehacer de los archivos.

Sección PRISMA

Esta es una sección más flexible en la que se publican aportes como experiencias de difusión del patrimonio, estudios de casos, sistematizaciones y opiniones técnicas de proyectos destacados, entre otros.

Sección DOSSIER MONOGRÁFICO

Sección administrada por la Comisión Editora. Cada año se selecciona un tema específico y se invita a personas expertas a desarrollar textos especializados en la materia respectiva.

¿Desea publicar su trabajo?

INGRESE AQUÍ

Revista del Archivo Nacional de Costa Rica
ISSN 2215-5600
www.archivonacional.go.cr/RAN

Ministerio de Cultura y Juventud
Archivo Nacional
Vivir Cultura es Crecer como país
2022-2026 Costa Rica Trabajando, Decidiendo, Mejorando