



Una revista de la SDI | CRAI | DGECI | CEPE

UNAM *internacional*

Sostenibilidad y cambio climático

Número 3 | Octubre, 2022-enero, 2023

Sustainability and Climate Change

Directorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

Dr. Alfredo Sánchez Castañeda
Abogado General

Dr. Luis Agustín Álvarez Icaza Longoria
Secretario Administrativo

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda
Secretaria de Desarrollo Institucional

REVISTA UNAM INTERNACIONAL

Dr. Francisco José Trigo Tavera
Coordinador de Relaciones
y Asuntos Internacionales

Mtro. Gerardo Reza Calderón
Director General de Cooperación
e Internacionalización

Dr. Domingo Alberto Vital Díaz
Director del Centro de Enseñanza
para Extranjeros

Dr. Constantino Macías García
Editor invitado

Ximena Gómez González Cosío
Carlos Maza
Editores

Dolores González-Casanova
Pamela Suárez Valencia
Redacción

CONSEJO ASESOR INTERNO

Héctor Benítez Pérez
Patricia Dolores Dávila Aranda
Alicia Girón González
Imelda López Villaseñor
Anel Pérez Martínez
Rosa María Ramírez Zamora
Mary Frances Teresa Rodríguez
Van Gort

CONSEJO ASESOR EXTERNO

América

Alejandro Adem
Universidad de Columbia Británica

Gerardo Blanco
El Colegio de Boston

Gabriel Capitelli
Universidad de Buenos Aires

Europa

Isabel Durán
Universidad Complutense de Madrid

Richard Follet
Universidad de Sussex

Phillippe Meers
Universidad de Amberes

Béatrice Perez
Universidad de la Sorbona

Stefan Rinke
Universidad Libre de Berlín

Asia

Liu Jian
Universidad de Estudios
Extranjeros de Beijing

África

Abdelfettah Sifeddine
Instituto de Investigación
para el Desarrollo

Oceanía

Leonel Alvarado
Universidad Massey

COMITÉ EDITORIAL

Escuelas de Extensión Universitaria
Paula de Gortari Pedroza
Directora UNAM San Antonio

Constantino Macías García
Director UNAM Canadá

Guillermo Pulido González
Director UNAM Chicago

Centros de Estudios Mexicanos

Silvia Núñez García
Directora UNAM Los Ángeles

Adalberto Noyola Robles
Director UNAM China

Jorge Volpi Escalante
Director UNAM España

Carlos Valdés González
Director UNAM Costa Rica

Rodolfo Zanella Specia
Director UNAM Francia

Ana Elena González Treviño
Directora UNAM Reino Unido

Catalina Stern Forgach
Directora UNAM Tucson

Alejandro Velázquez Montes
Director UNAM Alemania

Javier Laguna Calderón
Director UNAM Boston

Arturo Mendoza Ramos
Director UNAM Sudáfrica

Coordinación de Relaciones y Asuntos Internacionales

Patricia Alatorre Yáñez

Dirección General de Cooperación e Internacionalización

Dolores González-Casanova

Centro de Enseñanza para Extranjeros

Luis Miguel Samperio Sánchez

Red Universitaria de Responsables de Internacionalización

Trilce Ovilla Bueno

EDICIÓN Y PRODUCCIÓN

Ángel Llera
Misael Vera
Diseño editorial

Ángel Llera
Ximena Gómez
Diseño de portada

Ángel Llera
Foto de portada (Vista de la REPSA,
el Espacio Escultórico y su integración
con el entorno urbano de Ciudad
Universitaria)

Dolores González-Casanova,
Carlos Maza
Entrevistas

Ximena Gómez,
Ángel Mandujano,
Carlos Maza
Supervisión de traducciones

Nancy Sanciprián
Corrección

Verónica Rivas
Asistencia legal

Ximena Gómez,
Liliana Martínez
Difusión

Martín López
Asesoría administrativa

Alfonso Baeza
Soporte técnico

Reserva Ecológica del Pedregal de San
Ángel (REPSA)

Acervo fotográfico e información de la
REPSA



Hongos en los alrededores de la Estación Científica La Malinche, UNAM-UATx

📷 Iván Bravo

Teléfonos: 55 5448 3800 ext. 37435 • revista@global.unam.mx

www.unaminternacional.unam.mx

San Francisco 400, esq. Luz Saviñón, Col. del Valle, Alcaldía Benito Juárez, C. P. 03100,
Ciudad de México

LEGALES

UNAM Internacional. Año 1, No. 3, octubre de 2022 - enero de 2023. Es una publicación cuatrimestral editada por la Coordinación de Relaciones y Asuntos Internacionales, la Dirección General de Cooperación e Internacionalización y el Centro de Enseñanza para Extranjeros de la Universidad Nacional Autónoma de México, calle San Francisco No. 400, Col. Del Valle Norte, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03100, CDMX. Tel. 55 5448 3800 ext. 37435 <https://www.revista.unaminternacional.unam.mx>, revista@global.unam.mx. Editor responsable: Carlos Maza Pesqueira. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título ante el Instituto Nacional de Derecho de Autor No. 04-2021-013112572900-102; ISSN en trámite. Responsable de la última actualización de este número, Carlos Maza Pesqueira, Coordinador de Fomento a la Internacionalización, Subdirección de Enlace Institucional, Dirección General de Cooperación e Internacionalización de la Universidad Nacional Autónoma de México, calle San Francisco No. 400, Col. Del Valle Norte, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03100, CDMX. Fecha de la última modificación, 31 de octubre de 2022.

El contenido de los artículos publicados en la revista UNAM Internacional es responsabilidad exclusiva de los autores; su contenido no refleja necesariamente el criterio de la institución. Se permite la reproducción de los contenidos de esta revista siempre y cuando se enuncie su procedencia y se mencione su autoría.

Suscripciones: revista@global.unam.mx

Editorial

La quimera de la sostenibilidad

Como la bestia mitológica que le da nombre, la quimera de la sostenibilidad está compuesta de partes tomadas de diversas áreas como la sociología, la ecología, la ingeniería y la economía, por citar solamente algunas. No puede ser de otra manera. El objetivo de la sostenibilidad, heredera en buena medida del concepto de desarrollo sostenible, es redirigir las trayectorias de los complejos problemas socioambientales para retrasar tanto como sea posible sus efectos más nefastos. Si esta parece una definición pesimista, es solamente porque no es racional ni técnicamente posible frenar esas trayectorias.

La preocupación por el cambio climático y, en consecuencia, el compromiso de la UNAM con la sostenibilidad, cruzan los territorios, los conocimientos, los programas, los edificios y a la comunidad universitaria misma en todas direcciones. Si existen temas transversales en el quehacer de la UNAM, en todos los ámbitos, el del cambio climático y la sostenibilidad es un ejemplo paradigmático. Este número de *UNAM Internacional*

The Chimera of Sustainability

Just as the mythological being from which it takes its name, the chimera of sustainability is formed of a diversity of parts taken from fields such as sociology, ecology, engineering, and economy, to name but a few. It could not be otherwise. To a fair degree the heir of the concept “sustainable development”, the aim of sustainability is to redirect the trajectories of complex socioenvironmental problems so as to delay or minimise their most negative consequences. If this definition sounds rather pessimistic it is only because it is neither rationally, nor technically possible to completely arrest such tendencies.

Concern about climate change and therefore, UNAM’s commitment to sustainability, are two roads that cross every university territory, knowledge, program, building, even the community itself, in every direction. If there are transversal themes in UNAM’s work in every area, climate change and sustainability are a paradigmatic example. This issue of *UNAM Internacional* presents a broad—but never complete, which would be an impossible task—panorama of

presenta un panorama extenso, pero no exhaustivo (esa es una tarea imposible), de los esfuerzos que nuestra universidad realiza en todo el territorio nacional y mucho más allá para entender el cambio global, para permitir al país participar de una forma decidida en su control y para buscar las soluciones de mitigación y adaptación que requiere el desarrollo sostenible, tal como se piensa desde nuestras aulas, laboratorios, centros de investigación, zonas de conservación y casi desde cualquier lugar.

La sección Encuadre incluye ocho textos de gran profundidad que cubren distintas áreas relacionadas con el desarrollo sostenible ante los diversos escenarios de cambio climático. Desde la revisión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030, hasta la aplicación del conocimiento multidisciplinario propio de las ciencias de la Tierra, del ambiente, de la sostenibilidad y del desarrollo, queda claro, a través de la lectura de estas páginas, que enfrentamos gravísimos peligros, que la situación global se encuentra en los límites del accionar humano, pero que hay motivos para mantener la esperanza, si como sociedad logramos establecer las políticas adecuadas y tomamos las decisiones



Constantino Macías García

efforts made by our university all around Mexico and further beyond to understand climate change, to make the country capable of coping with its challenges and to look for adaptation and mitigation solutions needed by sustainable development as it is conceived in our classrooms, laboratories, research centers, conservation zones and almost every space of the University.

The main section, “Encuadre”, includes eight deep articles covering different areas of sustainable development in the face of climate change scenarios. UN’s Sustainable Development Goals and the Agenda 2030 are critically analyzed, as are the interdisciplinary approaches in the realm of Earth, environmental, soil and development sciences, giving us a picture of the severe risks and challenges we face: we have to deal with tremendous perils; global situation is in the limits of human action, but there are reasons to remain hopeful if, as a society we are able to establish the

correctas, y que en ese escenario el papel de las universidades es primordial; especialmente el de la máxima casa de estudios de México.

Ámbitos de gran importancia que no siempre están en la discusión sobre el cambio climático, encuentran en nuestras páginas espacio para su expresión: sus impactos en la salud; la forma en que agravan desigualdades como la de género; la contaminación lumínica nocturna que, a la vez que representa una medida del desarrollo relacionada con la capacidad productiva de las sociedades, afecta a la vida silvestre y a la fauna urbana, como también la posibilidad de estudiar el cielo nocturno y nuestra salud. Aún si resulta imposible detener totalmente el incremento de la contaminación lumínica nocturna o de cualquier otro problema socioambiental, sí podemos redirigirlo, reducir su tasa de aumento y mitigar sus consecuencias.

Esta tercera entrega de *UNAM Internacional* ha reunido en sus diferentes secciones una colección de artículos y entrevistas que abordan problemas y soluciones diversas, como diverso es el problema de esta compleja quimera. De la contaminación lumínica nocturna hasta el aprovechamiento racional del agua; de los conocimientos tradicionales para enfrentar problemas de alimentación, hasta el desarrollo y manejo de estaciones de estudios multi e interdisciplinarios; del desarrollo de energías renovables a la aplicación de los conocimientos de la ingeniería en el reforzamiento de las estructuras en las zonas costeras; de la coexistencia de la fauna y los humanos en las ciudades—incluyendo un fotorreportaje de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria— a la representación estética del

adequate policies and take the correct decisions. It is in these scenarios where the role of universities becomes essential, especially that of UNAM in Mexico.

Very important areas that not always are seen when speaking about climate change, have found their way through these pages: impacts of climate change on human health, and especially on inequalities such as that of gender; light pollution on the night skies which have lost their darkness affecting both wild and urban fauna, as well as human health and the very possibility to observe and research the night skies. Even if we cannot stop electric light (which is an indicator of societies' productivity) from growing, we may redirect it reducing its growth rates and mitigating its consequences.

This third installment of *UNAM Internacional* magazine includes among its different sections, a collection of articles and interviews dealing with a diversity of problems and solutions commensurate to the diversity and complexity of this chimera. From night light pollution to rational use of water; from traditional knowledge for improving food production to the development and management of field stations for inter- and multidisciplinary studies; from renewable energies to the engineering of new structure solutions for coastal areas; from the coexistence of humans and urban fauna—including a photographic note on the Pedregal de San Ángel Ecological Reserve, inside Ciudad Universitaria—to the aesthetic representation of chaotic urban development and its environmental problems, or from the application of geosciences to the many, and also diverse measures taken by

deterioro ambiental urbano, o de la aplicación de las geociencias hasta las múltiples y también muy diversas medidas que emprende la UNAM para acercarse a la sostenibilidad, en las páginas siguientes se presentan reseñas y exhortos que conviene escuchar —o leer— como una muestra pequeña de la compleja realidad de la ciencia y la práctica de la sostenibilidad desde la UNAM.

Destaca en estos textos la importancia de la inter y la multidisciplinariedad, así como la atención puesta en las preocupaciones sobre qué podemos hacer las personas “de a pie”, tanto para contribuir a detener el proceso de calentamiento global como para poder vivirlo sin sentir que cargamos con una culpa histórica... Todos estos temas quedan ampliamente planteados y discutidos en este número.

En esta ocasión *UNAM Internacional* tiene poesía por partida doble y, como ya es costumbre, se incluyen colaboraciones que destacan el papel que cumple en nuestros días el intercambio virtual como estrategia de internacionalización académica, especialmente a través de la implementación de las metodologías COIL (aprendizaje colaborativo internacional en línea, por sus siglas en inglés).

Creemos que el contenido de este número de *UNAM Internacional* no solamente ayudará a divulgar los numerosos esfuerzos que desde la UNAM se realizan en favor de un planeta que queremos que siga siendo habitable, pero también a entender dónde están nuestras responsabilidades y qué podemos hacer desde el lugar en donde nos encontremos.

UNAM to become sustainable. In the following pages we will be exposed to reviews and invitations that it is heeding—or reading—as a tiny sample of the complex reality of the science and practice of sustainability from UNAM.

Inter- and multidisciplinary approaches are one of the highlights in this issue, as is the reflection on concerns of the common people towards stopping the climate change process as well as understanding that we cannot live with the huge burden of guilt about it. All these subjects are broadly set and analyzed in this issue.

This time, *UNAM Internacional* brings two pieces of poetry and, as it is becoming usual, there are texts on virtual exchange as an alternative to academic internationalization, especially through the Collaborative Online International Learning (COIL) methodology.

We believe that this *UNAM Internacional* issue's content will not only help us understand the endless efforts taken from UNAM towards keeping the Earth inhabitable, but also to understand where our responsibilities lie and what can we do in the place where we live.

Dr. Constantino Macías García

Editor invitado

Director de la sede de la UNAM Canadá

Director at UNAM Canada Office



Iván Bravo / UATx

Bosques de alta montaña
High mountain forest

Índice / Contents

4
Editorial
Constantino Macías García

Encuadre

14
Cambio Climático y desarrollo sostenible
Antonina Ivanova

32
Crisis climática
Ruth Cerezo Mota

40
Internacionalización y sostenibilidad
Arturo A. Paredes Rodríguez

52
Esperanzas y temores de un científico del clima
Rob Wilby

74
Cambio climático y salud
Thalia Viveros-Uehara

90
Agroecologías y saberes locales
Ana Dorrego, Ana Isabel Moreno-Calles y Alejandro Casas

108
Cielos oscuros
Alejandro Díaz-Infante Rendón, Héctor Solano Lamphar, Cecilia Guadarrama Gándara, Víctor Manuel Palacio Pastrana y Oriana Romero Nava

122
Vida silvestre en las calles
Seth Magle

Entrevista

142
Género y energía
Entrevista con/Interview with Julia Tagüeña

158
La Estación Científica La Malinche
Entrevista con/Interview with Margarita Martínez y Arturo Estrada-Torres

178
La ecología de lo invisible
Entrevista con/Interview with Luisa Falcón

188
Cómo divulgar proyectos autosustentables
Raúl L. Parra

Entérate

198
Sustentabilidad y cambio climático en la UNAM
Una infografía/An infographic

200
Entre la culpa y la realidad
Cecilia Lartigue y Aquiles Negrete

208
STRATUM: La estética del Antropoceno
Peter Krieger

STRATUM: The Aesthetics of the Anthropocene
Peter Krieger

Experiencias

- 220**
Cambio climático e ingeniería
Christian M. Appendini y Pablo Ruiz Salcines
- 230**
Geociencias a la distancia
Elena Centeno García y Carlos Miguel Valdés González
- 236**
Una introducción a *The Guide to COIL Virtual Exchange*
Jon Rubin

- 244**
El desconfinamiento del desarrollo sostenible
Martina del Cerro

- 252**
Biosfera 2-UNAM
Elena Centeno García

- 266**
Creación de videojuegos
Misael Vera Santana

- 276**
Un desayuno entre nubes
Héctor Adrián Cortés Castillo

- 284**
Prepararse para migrar
Lía Isabel Enríquez Herrejón

- 292**
Soñador de tiempo completo
Ricardo Lenin Martínez Martínez

Extensión

- 300**
Geoparque Mundiales de la UNESCO en México
José Luis Palacio Prieto

- 314**
Treinta años en Bélgica
Sandra Olguín y Philippe Meers

- 320**
Energías ante el cambio climático
Alberto Foncerrada

- 328**
Décimo Encuentro Académico Interinstitucional
Jairo Mendieta

- 332**
Sequía
Andrés García Barrios

- 334**
Poema del mar
Eugenia Flores

- 336**
Sedes de la UNAM en el Extranjero
UNAM Offices Abroad

Enfoque

- 340**
Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel
Pedregal de San Ángel Ecological Reserve



Esperanzas y temores de un científico del clima

Hopes and Fears of a Climate Scientist

Impactos y adaptación al
cambio climático

Impacts and Adaptation to
Climate Change

Rob Wilby

Estamos en un buen momento para reflexionar sobre nuestras esperanzas y temores ante el cambio climático. Mientras nuestros líderes se reúnen para negociar la acción climática, los resultados de esto trazarán una ruta para la evolución del sistema climático y para los cambios por los que deberán navegar las economías durante las próximas décadas. Lo haré desde una perspectiva de treinta y cinco años. Algunos de ustedes estarán quizás empezando a planear sus carreras o a pensar en los efectos del cambio climático en sus vidas en sus sueños para el futuro. Yo lo veo desde el punto de vista de alguien que se acerca al final de su carrera y piensa en cómo han cambiado las cosas durante este tiempo, y en todos los impactos climáticos que he presenciado directamente. También quiero compartir con ustedes algunos de mis

It is a good time to reflect on our hopes and fears about climate change. As our leaders come together to negotiate climate action, the outcomes will set a path for how the climate system will evolve and how much change our economies will have to navigate over coming decades. I am going to do this from a 35-year-long perspective. Some of you might just be starting to think about your careers or about how climate change could affect your lives and future dreams. I am looking at it from a point of view of someone who is approaching the end of his career, reflecting on how much things have changed during that time, and all the climate impacts I have seen first-hand. And I also want to share with you some of my hopes and fears for the future. I am going to do it the other way around, I am going to start with some of my major concerns first, and



Vista aérea de Accra, Ghana
Aerial view of Accra, Ghana

Virgyl Sowah

temores y esperanzas sobre el futuro, pero lo haré de atrás para adelante, empezando con algunas de las cosas que más me preocupan y dejado para el final mis esperanzas, de modo que lleguemos a un lugar más optimista, a pesar de que indudablemente nos espera un futuro muy complicado.

Quiero empezar describiendo un asentamiento pobre en Accra, Ghana, donde he estado trabajando. Cuando pensamos en comunidades como esta, no debemos equivocarnos al imaginar las consecuencias del cambio climático. Aquí se puede casi sentir el calor irradiando de los techos metálicos, algo muy aparente. Pero debajo de esa superficie se hallan preocupaciones sobre suministro de agua potable, saneamiento e inundaciones en estas comunidades. Como explicaré más adelante, este tipo de lugares se encuentran realmente en la línea del frente ante el cambio climático. Aquí las comunidades ya están experimentando temperaturas extraordinarias y, aun así, las proyecciones de los modelos climáticos sugieren que estas condiciones van a empeorar en los próximos años si no se emprenden acciones significativas al respecto.

Como dije, he estado trabajando en este campo de investigación durante varias décadas y en ese tiempo he podido atestiguar la ocurrencia de eventos extremos. He visto enormes inundaciones en varios continentes. He visto muy poca

then end with my hopes, so we all arrive at a more optimistic place, despite what is, undoubtedly, a very challenging future ahead.

Let me begin by recalling one of the low-income settlements, in Accra, in Ghana where I have been working. When we think about such communities, we cannot fail to imagine the consequences of climate change. You can almost feel the heat radiating from the metal roofs here. This is very apparent, yet beneath the surface there are also concerns about clean water supplies, sanitation, and flooding in these communities. As I will be explaining later, these kinds of places are really on the front line of climate change. The communities here are already experiencing extraordinary temperatures; yet projections from climate models suggest that these conditions will get even more extreme in years to come without significant action on climate change.

Now, I mentioned I have been working in this research area for a few decades and over that time, I have seen many extreme events first-hand. I have seen flooding on a number of continents on a huge scale. I have seen too little water, the consequences of catastrophic droughts for people's livelihoods and ecosystems. I have seen how rising temperatures have begun to affect ecosystems, in rivers and fresh waters. I have begun to see and



Markus Spiske

Sequía en Aisch, Alemania
Drought in Aisch, Germany

agua: consecuencia de sequías catastróficas para los modos de vida de la gente y para los ecosistemas. He visto cómo las temperaturas en ascenso han empezado a afectar los ecosistemas de ríos y otros cuerpos de agua dulce. He comenzado a ver y a experimentar en propia mano lo que significa moverse y trabajar entre la gente en entornos urbanos extraordinariamente calurosos. Todo esto me da una sensación real de la emergencia que representa el cambio climático. Supongo que ustedes también han tenido experiencias como estas, cuando han estado en contacto con alguna forma de clima extremo. Pero también me he acercado a estos temas con mi gorra de investigador, aunque mi vida es apenas un punto en el continuo de la evolución del clima a lo largo de décadas y siglos, así que gran parte de mi trabajo ha consistido en

experience, first-hand, what it is like to move and work amongst people in these extraordinarily hot urban environments. So, that gives me a real sense of the urgency of climate change. I guess you have had similar experiences too where you had direct contact with some form of climate extreme. But I have also looked at these issues with my researcher hat on, but my lifetime is just a small speck in the continuum of how climate has evolved over decades and centuries before, and so a lot of my work has been to deal with how we can understand the present risks of floods and droughts in the context of long-term climate variability and change.

For example, my index of flooding across the UK shows that there have been decades with lots of floods, decades with few floods, and we are actually in a very flood-rich period at the moment. I have also been concerned about how we can estimate the impact of climate change in places where there are very little data and institutions are fragile, like Yemen; their people are already suffering from a whole host of issues, both climatic and non-climatic. So, what kinds of information can we bring together from satellites, from ground-based measurements, from models, to estimate how climate change could impact such vulnerable people and ecosystems? I have also been developing tools, like the Statistical Down-Scaling Model (SDSM), to enable other researchers, in other places, to evaluate these impacts for themselves by looking into the future, to think about how the climate might change locally, how different adaptation measures may perform, with or without climate change, to really help us pick the best solutions, given the uncertainty in the future. As I have mentioned before, I am doing more research now in the urban environment: a key front line in terms of global temperature change, plus impacts on urban infrastructure and people's livelihoods. Later, I am going to concentrate more on some case studies to illustrate some of these points. Let me just share with you three of my working principles, which I also hope will chime with your own thinking.

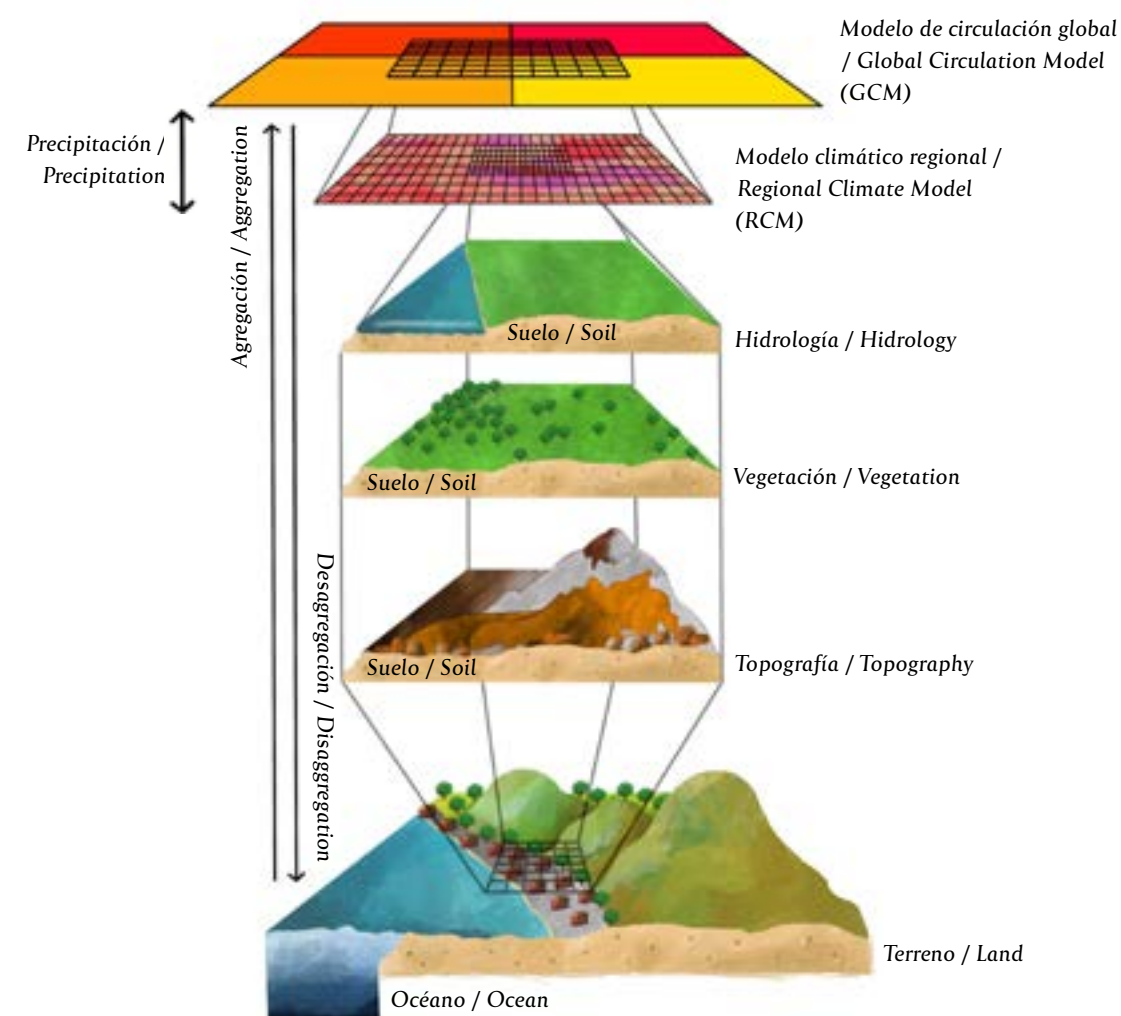
buscar formas de entender los riesgos actuales de inundaciones y sequías, en el contexto de variabilidad y cambio climático a largo plazo.

Por ejemplo, mi índice de inundaciones en el Reino Unido muestra que ha habido décadas con muchas inundaciones y décadas con pocas; actualmente cruzamos un periodo rico en inundaciones. También me interesa cómo podemos estimar el impacto del cambio climático en lugares de los que tenemos poca información y donde las instituciones son frágiles, como Yemen: la gente ahí

SOME IDEAS THAT GUIDE OUR WORK

First of all, I would like to say that the data and our ability to monitor the environments is one of our key assets for managing future climate risks. Without the ability to monitor we are unable to manage. We have got to know where we have come from, where we are now, and where we are going in the future. So, protecting, observing networks or things that are measuring rainfall, river flow, the condition of glaciers, the state of soils, and of ecosystems, wetlands, sea levels—these are critical

Figura 1. Representación del método de reducción estadística de escala
Figure 1. Representation of the statistical downscaling methodology



Elaborada por Ángel Llera a partir de un modelo del autor.

ya está sufriendo todo un conjunto de problemas, tanto climáticos como de otros órdenes. Así, ¿qué tipos de información satelital, originada en tierra o producida por modelos podemos reunir para estimar los impactos del cambio climático sobre ecosistemas y pueblos tan vulnerables? También he desarrollado herramientas como el Modelo Estadístico de Reducción de Escala (SDSM por sus siglas en inglés) para permitir que otros investigadores en otros lugares evalúen por sí mismos los impactos, mirando hacia el futuro y tratando de averiguar cómo serán los cambios del clima en el nivel local; cómo se comportarán distintas medidas de adaptación con o sin cambio climático, de modo que podamos generar la mejor solución en este contexto de gran incertidumbre por el futuro. Como ya he mencionado, actualmente realizo más investigación en entornos urbanos, que son una línea de frente clave en el aspecto de cambio global de la temperatura, incluyendo sus impactos en infraestructura urbana y en los estilos de vida de la gente. Más adelante pondré atención en algunos estudios de caso que me permitirán ilustrar algunos de estos temas. Comenzaré por compartir tres principios de trabajo que sigo, esperando que generen eco en sus propias reflexiones.

ALGUNAS IDEAS QUE GUÍAN NUESTRO TRABAJO

Empiezo por asentar que los datos y nuestra capacidad de monitorear los entornos ambientales son una de nuestros principales recursos para el manejo de riesgos climáticos futuros. Si no podemos monitorear, no podremos ser capaces de gestionar. Debemos conocer nuestro origen, nuestra situación actual y nuestra ruta hacia el futuro. Así, proteger y observar redes u otros elementos que miden la lluvia, el caudal de los ríos, las condiciones de los glaciares, el estado de los suelos y de los ecosistemas, humedales, niveles del mar, todo esto es información crítica que necesitaremos cada vez más en el futuro. Con estos conjuntos de

data sets that we are going to need even more in the future. With these data sets we can track emergent risks, as in the case of temperature changes in rivers and how that could be managed by, for example, planting more trees along the river side, creating more shaded habitats to protect fragile ecosystems from rising water temperatures. So data are a crucial asset for the future and essential for monitoring to manage.

Second, I think that the ability to look into the future—even if it is just the next season is an essential part of the toolkit. A lot of my research has focused on how we can take information, for example, about temperatures in the Pacific Ocean and how that affects weather patterns over coming months, seasons and even years, and how we can translate that knowledge into things like changing river flows, coming into key pieces of infrastructure, as we can see with the largest hydro-powered dam in Tajikistan. In this case, for example, we can look at the central Pacific Ocean and we can see cooler temperatures during “La Niña”. That tells us that there is a higher than average likelihood of low flows or drier conditions in seasons ahead, which enables hydro-power managers to operate the dam in ways to preserve stocks or to manage the potential for hazards in conditions where there are expected higher flows. So, that ability to look into the future is a powerful tool now and it is going to be an essential tool in the future. Forecasting is here to stay as part of our solution set for climate change, helping us to adapt to the uncertainty of future climate change.

And then thirdly, there is already lots of really fantastic research on climate change impacts and adaptation measures out there, but the gap is in translating that knowledge into practice, such as guidance that engineers and managers can apply in their local circumstances. So I have devoted a significant part of my career to the task of taking the science of hydrology and climate change, and seasonal forecasting, and turning that into guidance, even recipes, or even an Excel tool where people can

datos podemos seguir riesgos emergentes, como los cambios en la temperatura de los ríos, y pensar en formas de manejarlos, por ejemplo, sembrando más árboles en las riberas y creando más hábitats de sombra para proteger ecosistemas frágiles del aumento en la temperatura del agua. Los datos son recursos cruciales para el futuro y esenciales para el manejo.

En segundo lugar, creo que la posibilidad de indagar sobre el futuro, así sea solo la próxima estación, es una parte esencial en nuestra caja de herramientas. Gran parte de mi trabajo de investigación se ha centrado en cómo usar la información—por ejemplo la de las temperaturas en el océano Pacífico— para entender cómo afectan a los patrones climáticos de los meses, estaciones e incluso años por venir, y para traducir ese conocimiento en acciones como la modificación del caudal de los ríos o el diseño de piezas clave de infraestructura, como muestra la mayor presa hidroeléctrica de Tayikistán. En este caso podemos, por ejemplo, observar en el Pacífico central temperaturas más bajas durante el fenómeno de La Niña, lo que nos indica que hay una posibilidad más alta que el promedio de experimentar pocas inundaciones o condiciones más secas en las próximas estaciones, y esto permite a los gestores de las hidroeléctricas operar las presas de tal modo que se conserven los depósitos, o se prevean riesgos en condiciones en las que se esperarían inundaciones mayores. La posibilidad de indagar en el futuro es una poderosa herramienta hoy y seguirá siéndolo en el futuro. La previsión llegó para quedarse como parte de nuestras soluciones ante el cambio climático, y nos ayuda a adaptarnos a la incertidumbre del futuro.

En tercer lugar, existen muchas investigaciones realmente fantásticas sobre los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación. Sin embargo, existe una brecha entre la investigación y su traducción en la práctica, como puede ser asesoramiento a ingenieros y administradores para adaptarse a las circunstancias locales. He dedicado una parte importante de mi carrera a la tarea de reunir el conocimiento sobre hidrología y cambio

“HOPING FOR THE BEST, PREPARED FOR THE WORST, AND UNSURPRISED BY ANYTHING IN BETWEEN” (Maya Angelou)

Misbahul Aulia

Inundación en Malasia
Flood in Malaysia



**“ESPERANDO LO MEJOR,
PREPARADA PARA LO
PEOR, NADA DE LO QUE
SUCEDA ENTRE AMBOS
ME SORPRENDE”
(Maya Angelou)**

climático con la previsión estacional para convertirlos en guías, incluso recetas o hasta una herramienta Excel donde la gente puede sencillamente ajustar algunas cifras en la hoja de cálculo para ayudar a manejar un riesgo en particular o diseñar algo para enfrentar futuras inundaciones y sequías relacionadas con el clima. Habrá una enorme demanda de este tipo de soluciones durante las próximas décadas.

Para quienes se estén preguntando a dónde les llevarán sus carreras, creo que hay una emocionante oportunidad para que reunamos la mejor ciencia disponible con soluciones aplicables en la realidad. Hasta aquí lo que deseaba compartir sobre mí y lo que me mueve. Pero antes de entrar en mis esperanzas y temores, me gustaría compartir con ustedes un pensamiento que creo que realmente representa mi actitud. Puede ser tentador dejarnos llevar por la desazón acerca del futuro, pero creo que una forma más saludable de abordar el problema es adoptar una actitud como la de Maya Angelou: “Espero lo mejor, me preparo para lo peor y nada de lo que pueda suceder en el medio me resulta sorprendente”. Creo que esta postura aporta un buen balance entre esperanzas y miedos, y a la vez señala la importancia de estar preparados. Trataré de mostrar esta manera de pensar con algunos ejemplos.

simply adjust some numbers in a spreadsheet to help manage a particular risk or design something to withstand future climate-driven floods or droughts. There is going to be a huge demand for this sort of approach over coming decades.

For those of you who are thinking about where your careers might take you, I think this is a really exciting opportunity where we can bring together the best available science with workable solutions on the ground. So that is a little bit about me and what makes me tick. Before I go into my hopes and fears, I would just like to share with you this quote which I think really captures my attitude. On the one hand, it might be tempting for us to despair about the future, but I think that a healthier way to go about this is to adopt an attitude like that of Maya Angelou who said: we hope for the best, we prepare for the worst, and we are not really surprised about anything that could happen in between. I believe these sentiments give us a good balance of hopes and fears, as well as being prepared. I am going to show that way of thinking with some examples.

FEARS

Let’s begin with some of my key fears, and I am just going to give you three for illustrative purposes. Number one on my list is preparing for the loss of snow and ice. This is a given. This is already happening all over the planet. The vast majority of the Earth’s ice stores, and ice sheets, are in retreat. Going back to my first-hand experience, when I was a student, I went to the Swiss Alps and took some photographs in 1986. And then, decades later, I found myself in a lecture theatre telling students—who were the same age as me at that time, but 25 years later—about the same glacier. In the time between my visit and teaching the students, during that 25-year period, this glacier has retreated 400 meters. So, in half a working

MIEDOS

Empecemos con algunos de mis principales temores. Compartiré solo tres para ser ilustrativo. El número uno en mi lista es que debemos prepararnos para la pérdida de nieve y hielo. Esto es un hecho; ya está sucediendo por todo el planeta. La gran mayoría de los depósitos y capas de hielo de la Tierra se encuentra en retroceso. Volviendo a mi experiencia directa, cuando era estudiante, en 1986, fui a los Alpes suizos y tomé algunas fotos. Décadas después me hallaba en un aula contándole a estudiantes de la edad que yo tenía en 1986 sobre aquel glaciar de los Alpes. En el tiempo transcurrido entre mi visita a los Alpes y la clase con mis alumnos, un periodo de veinticinco años, el glaciar había retrocedido cuatrocientos metros. Es decir, en el tiempo que dura la mitad de la carrera profesional de una persona, cuatrocientos metros de hielo se perdieron en este pequeño glaciar. Si escalamos esta situación a toda la cadena de los Alpes o a todo el planeta, estamos hablando de

career, 400 meters of ice has gone from this little glacier. Now if we scale that up across the whole of the Alps, across the whole of the planet, that is a significant amount of ice and melted water that is going into the ocean and contributing to sea level rise. But it is also really significant in terms of the ability of communities in mountain areas downstream; their ability to generate power, their ability to access clean water, and their ability to produce food that depends on water for irrigation. There is a growing concern amongst hydrologists of the fate of these so-called water towers—these big stores of snow and ice in the Himalayas and elsewhere—that, ultimately, sustain the livelihoods and the well-being of nearly two billion people on the planet. It is a huge number of people who depend on those snow and ice stores, for their livelihoods, their energy, and their water needs. So, what happens with those great water towers really matters for a huge proportion of the human population.

Alpes suizos
Swiss Alps

Marek Slomkowski



una importante cantidad de hielo derretido que se va a los océanos y contribuye al alza del nivel del mar. Pero esto es también de gran importancia en términos de la capacidad de las comunidades montañosa abajo para generar energía, acceder a agua potable y producir alimentos que dependen de irrigación. Una preocupación creciente entre los hidrólogos es la del destino de estas llamadas “torres de agua”, estos grandes depósitos de nieve y hielo, en los Himalaya y otros lugares, que a fin de cuentas sostienen los modos de vida y bienestar de cerca de dos mil millones de personas en el planeta. Es una enorme cantidad de gente cuyos modos de vida, de producción de energía y necesidades hídricas dependen de esos depósitos de nieve y hielo. Lo que suceda con esas grandes torres de agua realmente importa para una enorme proporción de la población humana.

Como señalé antes, mi segundo miedo es la necesidad de prepararnos para la elevación del nivel del mar. Esto sucede tanto por el vertido de la nieve y hielo que se derriten, como por la expansión térmica de los océanos. El nivel del mar seguirá subiendo, no solo hasta el final de este siglo, sino durante los siglos venideros, así que he realizado proyecciones para el año 2200. Dependiendo de la capacidad de nuestros líderes para negociar cortes en las emisiones, podemos generar proyecciones de límite inferior y superior respecto del volumen de expansión térmica en las corrientes oceánicas, de la cantidad de agua que se derrite desde los glaciares y las grandes capas de hielo, como las del Ártico y Groenlandia, así como de factores locales como las marejadas de tormenta. Así que hay gran incertidumbre, parte científica pero parte dependiente de las negociaciones de nuestros líderes sobre corte de emisiones para los próximos años. El año 2200 puede parecer muy lejano, y lo es, pero hay determinados tipos de infraestructura, como las nuevas plantas nucleares, para los que tienes que planear así de lejos en el futuro porque su vida útil es igualmente larga y quizá sea necesario almacenar el combustible usado en el mismo sitio, por ello debe ser seguro hasta 2200. Prepararemos para el ascenso

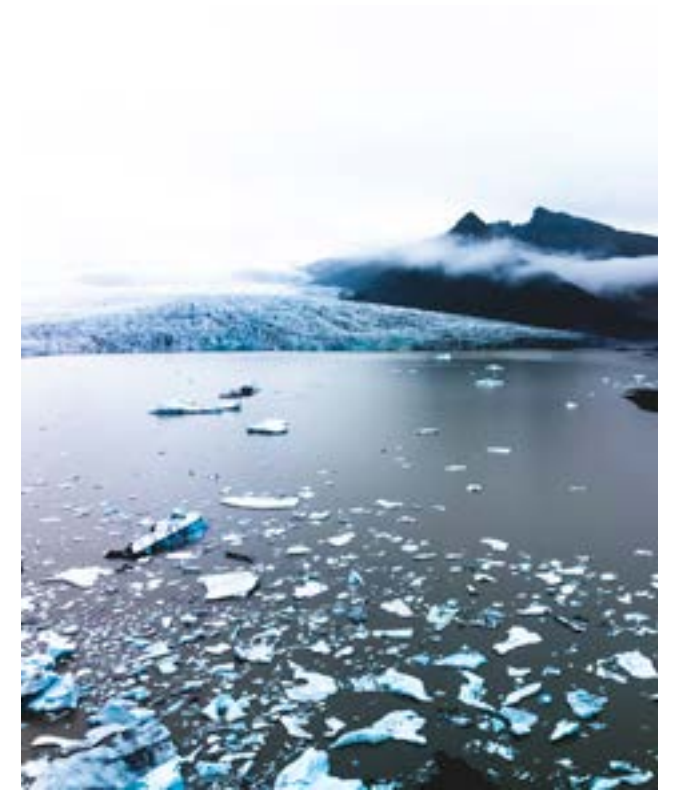
As I mentioned before, my second concern is a need to prepare for sea level rise. This is happening because of that melted water from the upstream snow and ice stores as well as due to the thermal expansion of the oceans. Sea level rise is going to continue not just to the end of this century but for centuries to come, so I have deliberately made some projections for the year 2200. You can see that, depending upon the ability of our leaders to negotiate emission cuts, we can have a lower bound and an upper bound projection for the amount of thermal expansion or the changes in ocean currents, melted water from glaciers and great ice sheets like the Arctic and Greenland, and also from local factors such as storm surges. So, there is huge uncertainty, which is partly scientific but partly down to whatever our leaders can negotiate in coming years about cutting emissions. The year 2200 might seem like a long way ahead, and it is, but there are certain types of infrastructure such as new nuclear power plants where you have to think that far into the future because of the long operating time scale of the facility and maybe the need to store spent fuel on that same site. So, it has got to be secure maybe even to 2200. Preparing for sea level rise is a really key concern that faces many countries and megacities, especially those with significant populations at or beneath sea level.

Thirdly, we need to prepare for the almost unavoidable rise in deadly heat in cities. As the global mean temperature rises, as cities expand, they have their own temperature warming effect. If those conditions get so high, combined with humidity, we can have conditions that are lethal to millions of people located in some of the largest cities—in the tropics, especially. There are maps showing those cities that are already experiencing heat stress that is lethal. Then, you can see the extra cities that become potentially dangerous with a given amount of global warming. With one and a half degrees, some cities in West Africa begin to experience deadly conditions. In the most extreme scenario of four degrees of global warming there are

del nivel del mar es una preocupación clave que enfrentan muchos países y megaciudades, especialmente aquellos que tienen grandes poblaciones viviendo en o por debajo del nivel del mar.

En tercer lugar, debemos prepararnos para un casi inevitable aumento de temperatura, a niveles letales, en las ciudades. Al subir la temperatura media global y al expandirse las ciudades, estas tienen su propio efecto de calentamiento. Si esas condiciones llegan a niveles muy altos en combinación con la humedad, podremos estar enfrentando condiciones letales para millones de personas que habitan las más grandes ciudades, especialmente en latitudes tropicales. Hay mapas que muestran a aquellas ciudades que ya están experimentando un estrés letal por calor extremo. Luego se pueden ver otras ciudades potencialmente peligrosas dado determinado aumento del calentamiento global. Con un grado y medio de alza, algunas ciudades de África occidental empezarán a enfrentar condiciones mortales. En el escenario más alto, de cuatro grados de aumento en el calentamiento global, habrá aún más ciudades en riesgo. Lo que queda claro en estudios como este es el gran número de ciudades, especialmente en el sur y el sureste de Asia, que realmente se encuentran en el límite respecto a este riesgo.

Pensemos en los lugares del planeta en donde las ciudades crecen más rápidamente: tales sitios se suman a la preocupación. Prepararnos para el calor mortal es una tarea realmente significativa que tenemos por delante. Y no deben sorprendernos otros eventos extremos inusuales, por lo que debemos empezar a visualizar eventos extremadamente raros e incluso eventos que nunca han sucedido. Por ejemplo, en otro estudio nos planteamos la posibilidad de que un huracán sea seguido por una ola de calor, ¿para qué? Bien, un huracán tiene la fuerza para inutilizar redes eléctricas, y con ellas, los aires acondicionados. Si retiramos el aire acondicionado en muchas ciudades clave del mundo, se quedarían sin su principal defensa contra las temperaturas extremas. Un huracán con calor extremo podría llevar a circunstancias muy difíciles, incluso



Derretimiento de glaciares en Fjallsárlón, Islandia  Jonny Auh
Glacier melting in Fjallsárlón, Iceland

even more cities at risk. What is clear from studies like this is the large number of cities, especially in southern and southeast Asia, which are really on the front line of this concern.

If we just think about where on the planet cities are growing most rapidly, such places are adding to the concern. Preparing for deadly heat is a really significant task that lies ahead. And also, we must not be surprised by unusual extreme events, so we have to begin to imagine events that are either super rare or have yet to be seen. For example, in another study, we looked at the possibility of a hurricane being followed by a heat wave. Why would we do that? Well, a hurricane has the potential to knock out power grids, and with it, air conditioning. If you take out air conditioning for many key cities in the world, they would be without their primary defense against extreme temperatures. A hurricane with extreme heat could lead to very difficult, even lethal circumstances, in those parts of the world



La erosión costera revela el permafrost, rico en hielo, que subyace a la capa activa en la llanura costera del Ártico, Alaska, Estados Unidos
Coastal erosion reveals ice-rich permafrost underlying the active layer on the Arctic Coastal Plain, Alaska, United States

letales en las regiones del mundo que se encuentra en las rutas de las tormentas. En la situación actual de un grado y medio a 2.25 grados de aumento en la temperatura por calentamiento global, y también en el escenario extremo de cuatro grados de aumento, podemos esperar que en el futuro se vea este tipo de eventos más de una vez por año. Es un escenario sombrío para las ciudades en regiones vulnerables.

No debemos olvidar que hay toda serie de riesgos no climáticos, como nos ha mostrado la presente pandemia. No podemos dedicar todos nuestros esfuerzos al cambio climático, sino que debemos abordarlo en paralelo con otros riesgos clave que la humanidad enfrentará en los próximos años, muchos de los cuales son amplificados por el cambio climático. Los eventos extremos y el cambio climático podrían exacerbar la crisis de los modos de vida, así como la pérdida de biodiversidad o la explotación de recursos, por lo que debemos abordar el cambio climático a la vez que estos otros riesgos; es algo que nuestros líderes deben tener en cuenta y prepararnos para las contingencias. Estas son las cosas que más me preocupan, como investigador en esta área por muchos años. Pero demos un giro positivo, y pensemos en nuestras esperanzas hacia el futuro.

ESPERANZAS

Una de las esperanzas al inicio de mi lista es que las negociaciones y los cortes en las emisiones serán suficientes para evitar puntos de alarma respecto de cambios mayores en el sistema climático. Por ejemplo, si alcanzáramos el punto en que el permafrost y la tundra se derriten, se liberarían grandes cantidades de metano a la atmósfera, exacerbando el calentamiento global. Del mismo modo, si el cambio climático lleva a la desaparición en gran escala de la selva amazónica, sus almacenes de carbón serían liberados a la atmósfera, con el mismo resultado. Mi gran esperanza es que no lleguemos

touched by storm tracks. For the present condition at one and a half degrees of global warming to two and a fourth degrees of global warming, and, in the worst case scenario, with four degrees of global warming, we could expect to see these kinds of events more than once every year in the future. That is something rather somber to think about for cities in vulnerable regions.

We must not forget that there is a whole host of other non-climatic risks, as the present pandemic has taught us. We cannot just focus all of our efforts on climate change. We have to look at climate change alongside other key risks that humankind faces over coming years, and many of the risks identified are actually amplified by climate change. Livelihood crises could be exacerbated by extreme weather and climate change. Loss of biodiversity or resource exploitation could be exacerbated by climate change. So, we need to look at climate change alongside this host of other risks that our leaders have to think about and make contingencies for. Those are the things that I am most concerned about as someone who has worked in this field for quite a few years. Now, let us put a more positive spin on things. Let us think about the hopes for the future.

HOPES

One of the hopes at the top of my list is that negotiations and emission cuts will be sufficient to avoid tipping points whereby major changes in the climate system could occur. For example, if global warming continues to the point where permafrost and tundra thaws, that could release significant amounts of methane into the atmosphere and exacerbate global warming. Likewise, if climate change leads to the large-scale die-back of the Amazon rainforest, those carbon stocks could be released into the atmosphere and exacerbate global warming. So my big hope is that we do not

a eso, que evitemos los drásticos y rápidos cambios que sucederían en el clima si se cruzaran esos límites. Mi esperanza es que no lleguemos a eso.

Mi segunda Esperanza es que al pensar en la acción climática para reducir emisiones, pensemos también en seguir buscando alcanzar los objetivos de desarrollo. Los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) coinciden con planes de acción climática. En algunos casos, un ODS está alineado con la acción climática, lo que produce una situación ventajosa en ambos ámbitos. Pero otros pueden presentar oposición entre sí. Veamos el ODS 6, sobre agua potable y saneamiento; su meta 6.6 es sobre la protección y restauración de ecosistemas acuáticos. Si contenemos el cambio climático, protegemos funciones ecosistémicas clave. Es bueno que las acciones se coordinen, pero algunas acciones climáticas, como sustituir suelos con cultivos para biocombustibles, una energía renovable, podría tener un impacto sobre el agua, por lo que podrían estar en oposición. Debemos ser inteligentes al definir la acción climática, y a la vez, llevar avances de desarrollo a mucha gente que aún carece de satisfactores para sus necesidades básicas vitales: modos de vida seguros, alimentos y agua...

En tercer lugar, mi esperanza es que seamos capaces de ver todas estas cosas como un todo, reuniéndolas de modo que no abordemos el agua de forma aislada respecto de la salud o los ecosistemas. Significa que debemos luchar por sistemas naturales y humanos resilientes al cambio climático, y a la vez capaces de mejorar la salud pública, de proveer vivienda digna, infraestructura de calidad, modos de vida sostenibles y protección social.

ALGUNOS EJEMPLOS

¿Cómo reunir todas estas cosas y a la vez alcanzar las metas de adaptación? Esta es una pregunta clave. En lo que queda de este artículo trataré de compartir con ustedes algunas ideas que hemos desarrollado en un estudio de caso sobre el manejo de algunas de las amenazas que presenta

get to one of these tipping points. We avoid what could be some very nasty, rapid changes in climate if some of these tipping points are crossed. My hope is that we do not get to that.

My second hope is that, as we think about climate action to drive down emissions, we also think about continuing to achieve and deliver on development goals. The 17 Sustainable Development Goals (SDG) overlap with plans for climate action. In some cases, the sustainable development goal is aligned with climate action, and you get a win-win situation. Sometimes, they might be playing in opposition to one another. For example, if we look at SDG 6, which is around clean water and sanitation, and 6.6 is about protecting and restoring water-related ecosystems. By containing the amount of climate change, we are protecting key ecosystem functions. It is a good thing that the actions are working together, but some climate actions—such as replacement of land with biofuel crops for renewable energy—could have an effect on water, so they might be in opposition. We have got to be smart about how we achieve climate action and, at the same time, deliver development advances to many people who still lack the basic necessities of life: secure livelihoods, food and water, and so forth.

Thirdly, my hope is that we can see all of these things as a whole, bringing them together, so we do not look at water in isolation of health or of ecosystems. This means that we have to strive for future human and natural systems that are resilient to climate change but also improving people's public health, providing them with quality housing, high quality infrastructure, sustainable livelihoods, and social protection.

SOME EXAMPLES

How do we bring all of those things together whilst achieving these adaptation goals? That is a key question. Now in the remainder of this piece, I would like to just share with you some insights we have gained from a case study which is about managing some of those threats: threats from rising temperature in one of those front-line

el aumento de temperatura en una de esas comunidades de primera línea que mencioné antes. Conocemos el patrón histórico de calor húmedo extremo pues ha sido medido en estaciones climáticas alrededor del mundo. Hay lugares donde las condiciones ya se aproximan o han excedido las temperaturas letales. Se puede ver que se concentran en el sur y sureste de Asia y, cada vez más, en África occidental. Son lugares sobre los que debemos mantener una mirada vigilante por la emergencia de las amenazas. Pero quiero enfatizar que los datos meteorológicos en los que nos hemos basado durante tanto tiempo corresponden a condiciones de temperatura en exteriores.

Esto no es equivalente en las temperaturas que la gente experimenta en interiores, donde pasan su tiempo de sueño o donde trabajan. Debemos pensar de otros modos sobre cómo esos aumentos en la temperatura pueden convertirse en cambios en las condiciones del interior de los hogares y lugares de trabajo. Hablaré de dos ciudades ghanesas, Tamale en el norte y Accra en el sur. En Tamale hay una estación climática estándar. El recinto de la estación no es como los vemos en asentamientos urbanos típicos, pero la información generada por instalaciones como esta se usa para monitorear el cambio climático y las crecientes amenazas de las altas temperaturas. Medimos condiciones dentro de una pantalla de Stevenson con termómetros y pequeñas etiquetas, dando seguimiento a las temperaturas casi segundo a segundo. En este proyecto en concreto nos interesaba el cambio en las temperaturas en interiores, qué factores influyen sobre ellas y qué se puede hacer para manejar altas temperaturas en interiores como primer paso de adaptación. Para ello colocamos alrededor de ciento treinta de estas pequeñas etiquetas en y alrededor de las casas, lugares de trabajo y otros espacios públicos. También registramos mucha información

communities I talked about earlier. We know the historic pattern of extreme humid heat measured at weather stations all around the world. There are places where conditions are already approaching or exceeding lethal temperatures. You can see the concentration of those in southern and southeast Asia, and, increasingly, in West Africa. Those are the places where we have really got to keep a close watch in terms of this emergent threat. But I am emphasizing here that the meteorological data on which we have relied for so long is about outdoor temperature conditions.

This does not translate into the actual temperatures people experience indoors, where they spend their time sleeping and sometimes working. We need to think in different ways about how those rises in temperature might translate into changes in conditions inside people's homes and workplaces. I am going to refer to two cities in Ghana: Tamale in the north and Accra in the south. There is a standard weather station in Tamale in Ghana. The compound for the weather station is nothing like the conditions that we see in a typical urban environment; yet the data derived from stations like this are being used to track climate change and to monitor rising threats from high temperatures. In fact, we are measuring conditions inside a Stevenson screen using thermometers and tiny tags, to keep track of temperatures almost on a second by second basis. What we were interested in, in this particular project, was how indoor temperatures have changed, what are the key factors affecting indoor temperatures, and what are the things that households and business owners can do to manage high indoor temperatures as a primary adaptation step. To do that, we put 130 or so of these tiny tags in and around people's homes, in and around workplaces and other public spaces. We also recorded lots of information about the building type, the roof materials, the

acerca de los edificios —los materiales con los que están hechos el techo y los muros; las dimensiones de la edificación, el número de ocupantes y el uso de los espacios— para entender empíricamente los factores que controlan las temperaturas interiores.

Algunos resultados de estas observaciones de campo arrojan temperaturas extraordinarias; se registró una temperatura pico de cuarenta y cinco grados Celsius en una sala de estar. Incluso en los edificios más frescos, construcciones muy grandes, las temperaturas excedieron sistemáticamente los treinta grados Celsius. En edificios más pequeños, típicas construcciones de un solo piso se registraron temperaturas por arriba de los cuarenta grados Celsius. ¡Y no es solo en las viviendas! Un seguimiento de temperaturas muestra lo registrado en las salas de maternidad e infantil de un hospital, comparado con el registro oficial de la estación climática del aeropuerto; en este caso, las temperaturas pico eran similares, pero a diferencia del aeropuerto, las condiciones durante la noche en el interior del hospital eran mucho más extremas que lo indicado por los registros oficiales. Hemos visto que, durante la noche, la temperatura nunca baja de treinta grados en ambas salas del hospital. Con la recopilación de todos estos datos queríamos entender cómo influyen en las temperaturas interiores factores como el tipo de edificación, los materiales de construcción, el uso o no de aislamiento para los techos, y la presencia o ausencia de sombra generada por árboles, otras plantas u otros edificios. También registramos las medidas que los ocupantes pueden tomar para manejar estas temperaturas realmente extremas. Algunos datos muestran los efectos de los materiales usados en

wall materials, the dimensions of the building, the number of occupants, and the use of the spaces. We recorded all of that information to empirically understand the factors that are controlling indoor temperatures.

Some of the results from those field observations reveal extraordinary temperatures. In one living room, a peak temperature of more than 45° C was registered. Even in some of the cooler buildings, the really large buildings, temperatures inside routinely exceed 30° C. In smaller buildings in typical single-story compounds, temperatures well above 40° C have been registered. It is not just in people's homes! One temperature trace shows what we measured in a maternity ward and in a children's ward inside a hospital, compared with the official record recorded at the weather station at the airport. The peak temperatures in this case are roughly the same, but unlike at the airport, the conditions during the night within the hospital are much more extreme than is suggested by official records. We are seeing that temperatures do not actually fall below 30° C at night in both wards. Through gathering all of these data, we wanted to look at how the building type, the building materials, the presence of ceiling insulation, presence or absence of shade from trees and other vegetation or other buildings, all affect indoor temperatures. We also recorded the types of measures that occupants might take to manage these really extreme temperatures. Some of the data show the effect of roof material. Traditional roofing material with thatch is used for several structures, and in

la fabricación de los techos. El tradicional techo de paja se usa en muchas estructuras y habitaciones. La paja mantiene temperaturas más bajas durante el día, pero también las eleva durante la noche; aquí estamos ante una elección: ¿Quieres tener temperaturas más frescas durante el día o durante la noche? Esto afectará las condiciones que te permiten dormir. Si tienes un techo metálico, tendrás temperaturas mucho más altas durante el día, pero también bajarán mucho en la noche. Así, que insisto, se trata de elegir: podrás estar más cómodo durante la noche, pero de día experimentarás condiciones realmente extraordinarias.

Las condiciones dentro de la habitación son más calientes que las condiciones oficiales de las estaciones de registro, las estaciones climáticas. Es importante la diferencia entre un techo con aislamiento y uno sin él. De día, el techo no aislado es mucho más caliente que el aislado, pero de noche ocurre lo contrario: el techo sin aislamiento es más fresco y el aislado, más caliente; de nuevo, una elección. ¿Cuál es la acción adecuada, desde una perspectiva casa por casa, para proteger a los ocupantes de temperaturas extremas en interiores? Cargamos todos estos factores en un modelo estadístico para ver los efectos de la localización de la ciudad (si está o no cerca de la costa), en el norte o en el sur, el tamaño del edificio, el tipo de muros y de techo, si este está aislado, si la casa recibe sombra, si los habitantes cuentan con ventiladores o aire acondicionado. El modelo estadístico muestra que el factor clave, el más influyente son los techos, el material de que están hechos y si se aíslan o no.

En la segunda fase de este proyecto colocamos celdas de prueba para examinar cuál es el mejor material para los techos y qué diseño es más adecuado (su voladura, su reflectividad y otros factores) para manejar las temperaturas interiores de

several rooms. The thatch keeps temperatures lower during the peak of the day, but it also elevates temperatures at night. There is a trade-off here. Do you want to have cooler temperatures during the day? Or do you want cooler temperatures at night, which will affect your ability to sleep? If you have a metal roof, you can experience much higher indoor temperatures during the day, but the temperatures drop much more during the night. So, again, it is a trade-off. You might be more comfortable at night, but during the day some of these conditions are truly extraordinary.

The conditions inside the room are hotter than the official conditions at the recording station, the weather station. The difference between a room that has an insulated roof and one that does not is important. During the day, the uninsulated roof is much hotter than the insulated roof. But, during the night, the opposite happens. The uninsulated room is cooler, and the insulated room is hotter. So, again, there is a trade-off. What is the appropriate action on a home-by-home basis in terms of protecting the occupants from the extreme indoor temperatures? We put all of those factors into a statistical model to see the effects of the location of the city (whether it was near the coast), whether it was in the north or the south—the size of the building, the wall type, the roof type, whether or not ceilings were insulated, whether the house was shaded, whether the occupants had fans or air conditioning. We put all of those factors into a statistical model and it showed that the key thing, the most influential factor, is actually the roof material, and whether or not the ceiling is insulated.

la mejor manera posible y con costo mínimo; no podemos perder de vista que se trata de comunidades de bajos recursos, así que buscamos soluciones accesibles y de bajo costo que brinden el mayor beneficio posible casa por casa. Esperamos poder reportar resultados de estas pesquisas durante el próximo año o poco más. Nos entusiasma este proyecto porque ha adoptado un enfoque de baja tecnología en términos de recopilación de datos y aun así proporciona lo que esperamos que sean miradas muy útiles que podremos devolver a las comunidades y a los planificadores sobre cómo construir y diseñar adaptaciones en los edificios que mejoren las condiciones de temperatura en interiores a bajo costo: eso es lo que estamos tratando de conseguir.

Algunas reflexiones finales. Es justo decir —algo que todos reconocemos— que enfrentamos riesgos significativos relacionados con el clima. Desde mi punto de vista, las claves están alrededor del agua, los alimentos y la seguridad energética. Son tres asuntos que con frecuencia hemos abordado de manera aislada, cuando en realidad necesitamos ver cómo se comportan en sus relaciones entre sí. Debemos tener una estrategia integral para el manejo de esos riesgos. He dado aquí solo una muestra de los riesgos que enfrentamos y de las comunidades que se encuentran en la primera línea, las que se encuentran en riesgo más inmediato, quizás las más expuestas al cambio climático: las localizadas en regiones montañosas cuyos modos de vida, su alimentación y su seguridad hídrica dependen de las grandes torres de agua. Otras comunidades vulnerables se encuentran en ciudades grandes y en proceso de crecimiento que están experimentando temperaturas extremas y,

In the second phase of this project, we are setting up test cells to examine what is the best material, the best design of the roof—in terms of overhang, its reflectivity, and other factors—to manage indoor temperatures as best as we can and to do that in an affordable way. Keeping in mind that these communities have limited resources, we are looking for low-cost, affordable solutions that deliver the maximum benefit on a home-by-home basis. Hopefully, over the next year or so, we will be able to report on those findings. We are really excited about this project because it has adopted a low-tech approach in terms of the data gathering, and yet it is providing—hopefully—some really useful insights that can be returned to the communities and the planners in terms of how to build, design retrofit buildings to improve the temperature conditions inside at low cost. That is what we are trying to achieve here.

Just some closing remarks. It is fair to say, and we all recognize, that there are significant climate-related risks ahead. And, from my point of view, the key ones surround water, food, and energy security. Often, we have looked at those three in isolation, whereas in reality we need to look at how they play off against one another. We need to have an integrated strategy for managing those risks. I have given you just a sample of some of the risks that lie ahead and, in the frontline communities, the ones who are most at risk, are perhaps most exposed to climate change, those who are in mountain regions, dependent upon water towers for their livelihoods, food and water security. Other vulnerable communities are in large and growing cities that are experiencing extraordinary temperatures, and sometimes flash flooding, which is another story. Also, communities in coastal zones and their infrastructure, which are going to have to contend with unavoidable sea level rise.

en ocasiones, inundaciones repentinas (pero esta es otra historia). Asimismo, las comunidades costeras y sus infraestructuras tendrán que enfrentar el inevitable ascenso del nivel del mar

Pero terminemos con una nota positiva: creo que hay aquí una oportunidad significativa para las ciencias del clima, para la comunidad que trabaja en torno de los impactos y la adaptación al cambio climático, de ofrecer soluciones sensibles, prácticas y accesibles, capaces de brindar beneficios en el futuro y de contribuir al desarrollo sostenible de algunas de las comunidades más vulnerables. ●

Rob Wilby es hidroclimatólogo. Enseña y desarrolla investigación e la Universidad de Loughborough, Reino Unido.

Versión en español de Carlos Maza.

But to end on a positive note, I think there is a significant opportunity here for climate science, the climate impacts-and-adaptation community, to offer up sensible and pragmatic solutions that are affordable and can deliver benefits now such as forecasting systems, low-cost retrofitting of homes, that will continue to deliver benefits into the future and contribute to sustainable development of some of the most vulnerable communities. ●

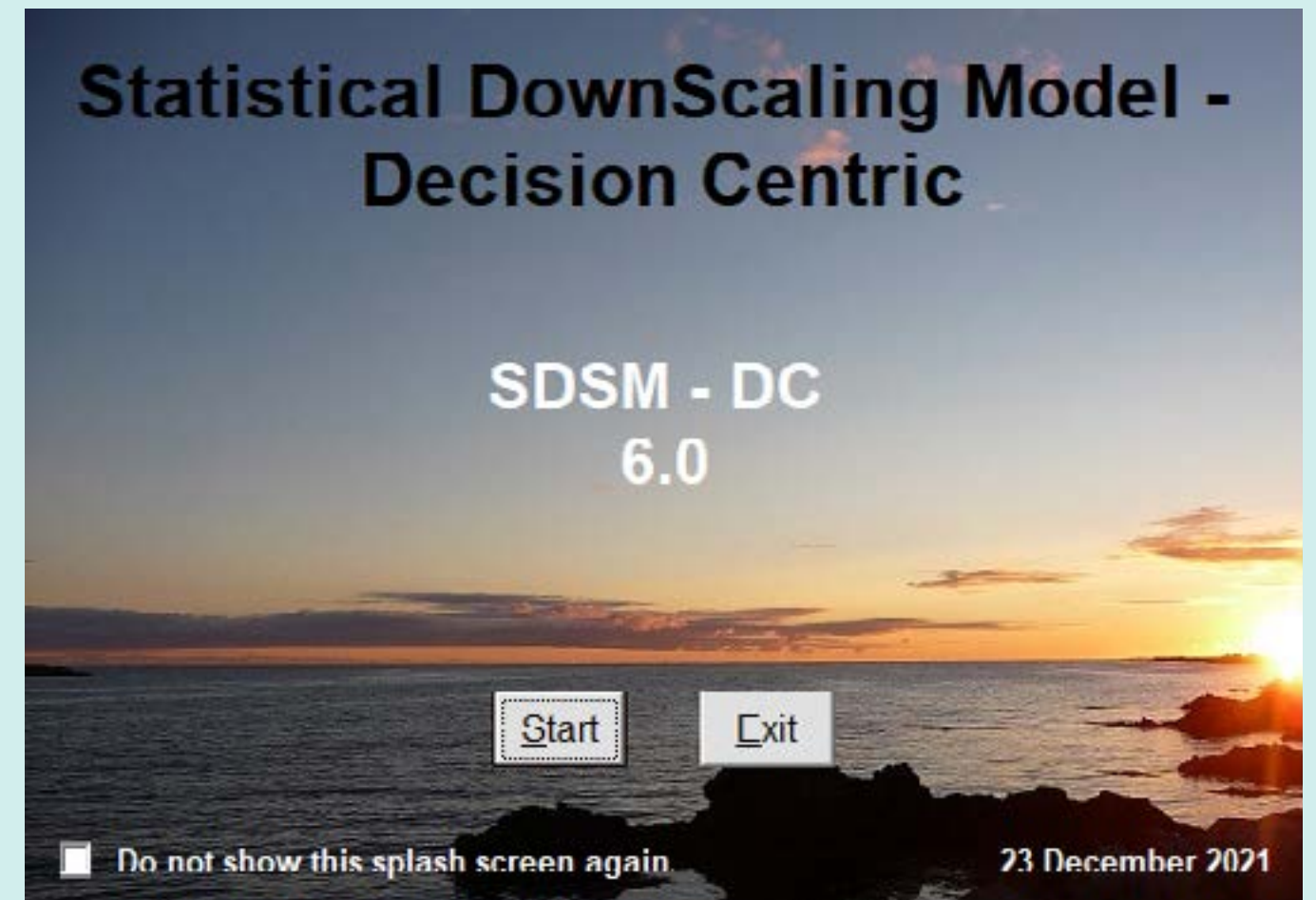
Rob Wilby is a hydro-climatologist, teaching and researching at Loughborough University in the United Kingdom.

Una herramienta para la toma de decisiones climáticas locales

En 2007 Rob Wilby y Christian Dawson lanzaron la primera versión pública de su software Modelo Estadístico de Reducción de Escala (SDSM por sus siglas en inglés), una herramienta de código abierto disponible libremente para que cualquier persona en cualquier lugar pueda generar sus propios escenarios climáticos. Los modelos de reducción estadística de escala se utilizan para traducir series globales de datos a información climática local. Esto es necesario pues los modelos climáticos globales (GCG) producen enormes series de datos en resoluciones espaciales que resultan demasiado gruesas o generales para ser aplicadas en contextos locales, es decir, en la escala en que los impactos del cambio climático suelen ser más severos. Los GCG permiten crear escenarios de largo plazo para proyectar el comportamiento del clima a gran escala pero, ¿qué pasa si nuestros retos son locales e inmediatos? La reducción estadística aumenta la resolución de modo que sea posible reflejar mejor las condiciones locales del clima relacionadas con la topografía y otros factores. Con más información local podemos diseñar y probar la eficacia de las acciones y políticas de adaptación al cambio climático. La versión más reciente del software SDSM se encuentra disponible junto con datos de soporte, guías de usuarios y otros recursos en <https://sds.org.uk/data.html>.

A tool for local decision making

In 2007, Rob Wilby and Christian Dawson released the first public version of their Statistical Downscaling Model (SDSM) software, an open-source tool that is freely available so anyone can generate their own climate scenarios anywhere. Statistical downscaling models are used to translate global datasets into local level climate information. This is required because Global Climate Models (GCMs) produce huge datasets at spatial resolutions that are too coarse to apply to local contexts, the scale where climate change impacts are often most severe. GCMs allow the creation of long-term scenarios to project climate behaviour over larger scales, but, what if our challenges are immediate and local? Statistical downscaling allows us to enhance resolution for a better reflection of local weather conditions due to topography and other factors. With more local information we can design and test the effectiveness of actions and policies for adapting to climate change. The latest version of SDSM is freely available, along with supporting data, user guidance, and other resources from <https://sds.org.uk/data.html>.



Pantalla de inicio del software DSM
Flash-screen of the SDSM software

Arquitectura tradicional de premio

Diversas aproximaciones en el mundo están rescatando tanto materiales como prácticas ancestrales o tradicionales de construcción de viviendas, surgidas de o adaptadas a sus condiciones locales. Si bien durante buena parte del siglo xx los avances en la arquitectura, la necesidad de construir más alto y siempre dentro de las grandes concentraciones urbanas, y las ciencias mismas de materiales fueron alejando a las edificaciones de las necesidades humanas, una mirada nueva, consciente de los impactos del cambio climático tanto como de la necesidad de empoderar a las comunidades donde se encuentren ha dado vuelta hacia prácticas tradicionales que muestran soluciones adecuadas y sostenibles a muchos de los problemas que enfrentamos hoy.

Un importante ejemplo reciente de esta perspectiva está en la obra de Diébédo Francis Kéré, primer arquitecto africano galardonado con el premio Pritzker —uno de los más importantes reconocimientos globales en esa disciplina—, quien ha desarrollado una arquitectura basada en las técnicas constructivas locales de su natal Burkina Faso (por ejemplo, con ladrillos híbridos de arcilla y barro; baratos, fáciles de producir y con propiedades térmicas adecuadas a las altas temperaturas locales, a los cuales se protege del agua de lluvia mediante una cubierta metálica sobredimensionada y separada o aislada de la estructura para que no acumule calor), en la cual no solo rescata técnicas locales, sino que trabaja para dignificarlas, alejándose de aquella actitud que romantiza la precariedad, la ruralidad, la pobreza. Frente a ello, una arquitectura local sostenible.

Prize-Winning Traditional Architecture

Several approaches around the world are rescuing traditional and ancestral building materials and practices, born from, or adapted to local conditions. During most of the 20th Century, progress in architecture, the need to build higher in growing urban concentrations, and even materials' sciences, pushed buildings away from human needs. Today, a new insight, aware of climate change impacts as well as of the need to empower communities wherever they live, is turning things around, looking to traditional practices that bring adequate and sustainable solutions to many of the problems we face.

An important example of this approach is the work of Diébédo Francis Kéré, first African architect to win the Pritzker Prize—one of the most important acknowledgements in this area—, who has developed building techniques based upon traditional knowledge from his country, Burkina Faso. These techniques include, for example, hybrid bricks made from clay and ceramics, which are cheap, easy to make and have thermal properties that cope with the very high local temperatures. The bricks are then protected from the rain with a floating ceiling, isolated from the building's structure so that it does not accumulate heat. Kéré's approach not only rescues local techniques, but also works to dignify them, taking them away from views that may romanticize precarity, rurality and poverty. Against this operation, Kéré proposes a local, sustainable architecture.



Liceo Schorge, escuela secundaria, Koudougou, Burkina Faso (2016)
Schorge Liceum, a secondary school, Koudougou, Burkina Faso (2016)

Francis Kéré