

CLAVIUS

Revista académica de ciencia y tecnología

año 1 / número 2
julio-diciembre de 2023

ISSN de la edición física: 3007-522X

ISSN de la edición digital: 3006-5631

DOI: 10.36631/CLV

Artículos

Cambio climático/
adaptación/rural

Cambio climático/
adaptación/urbano

Ensayo

Investigación/academia

Entrevista

Agua/recursos hídricos



Universidad
Rafael Landívar

Identidad Jesuita en Guatemala



Universidad
Rafael Landívar
Identidad Jesuita en Guatemala

EDITORIAL
**CARA
PARENS**
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR

CLAVIUS

Revista académica de ciencia y tecnología

año 1 / número 2, julio-diciembre de 2023

ISSN de la edición física: 3007-522X

ISSN de la edición digital: 3006-5631

DOI: 10.36631/CLV

DOI de este número: 10.36631/CLV.2023.01.02

VRIP

VICERRECTORÍA DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR

iarna

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN
CIENCIAS NATURALES Y TECNOLOGÍA

VRAC

VICERRECTORÍA
ACADÉMICA

Facultad de Ciencias
Ambientales y Agrícolas

CLAVIUS

505

C617

Clavius. Revista académica de ciencia y tecnología. / Director : Juan Pablo Castañeda ; editores: Cecilia Cleaves, Daniela Sandi, Edson Hernández Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias de la Salud ; director general: Edgar Miguel López Álvarez – Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Editorial Cara Parens, 2023.

XII, 80 páginas; ilustraciones y fotografías en color. (Año 1, número 2, julio – diciembre de 2023).

Periodicidad Semestral

ISSN de la edición física: 3007-522X

ISSN de la edición digital: 3006-5631

DOI: 10.36631/CLV

DOI de este número: 10.36631/CLV.2023.01.02

1. Cambios climáticos – Investigaciones – Guatemala; 2. Cambios climáticos – Aspectos sociales; 3. Ciencias – Publicaciones electrónicas; i. Castañeda, Juan Pablo, director; ii. Cleaves, Cecilia, editora; iii. Sandi, Daniela, editora; iv. Hernández, Edson, editor; v. Universidad Rafael Landívar. Vicerrectoría de Investigación y Proyección (VRIP). Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna). Departamento de Tecnología, editor; vi. Universidad Rafael Landívar, Vicerrectoría Académica (VRAC). Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas (FCAA), editor; vii. Universidad Rafael Landívar, Editorial Cara Parens, editor; viii. título

SCDD 22

Clavius

Revista académica de ciencia y tecnología

año 1 / número 2, julio-diciembre de 2023

periodicidad semestral

ISSN de la edición física: 3007-522X

ISSN de la edición digital: 3006-5631

DOI: 10.36631/CLV

DOI de este número: 10.36631/CLV.2023.01.02

Sitio web: <https://biblioteca.url.edu.gt/iarna/clavius/>

Correo electrónico: revista.clavius@url.edu.gt

Universidad Rafael Landívar

Vicerrectoría de Investigación y Proyección (VRIP)
Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna)

Vicerrectoría Académica (VRAC)
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas (FCAA)

Se permite la reproducción total o parcial de esta obra, siempre que se cite la fuente.

D. R. ©

Editorial Cara Parens, Universidad Rafael Landívar
Campus San Francisco de Borja S. J., ciudad de Guatemala,
Vista Hermosa III, zona 16, Edificio G, oficina 103
Apartado postal 39-C, ciudad de Guatemala, Guatemala 01016
PBX: (502) 2426 2626, extensiones 3158 y 3124
Correo electrónico: caraparens@url.edu.gt
Sitio electrónico: www.url.edu.gt

Las opiniones expresadas en cada ensayo, artículo o documento son de exclusiva responsabilidad de los(as) autores(as) y no necesariamente son compartidas por la Universidad Rafael Landívar.



EQUIPO EDITORIAL

Director de la revista

Juan Pablo Castañeda (director del Iarna)

Editora jefa

Cecilia Ísabel Cleaves Herrera

CONSEJO EDITORIAL

Por el Iarna/VRIP/URL

Sindy Marisol Castillo Alvarez
Gloria Carolina Escobar Guillén
Rubi Denis Gordillo Franco
Andrea Sofía Mazariegos Quezada
Alejandra Michelle Tercero Villagrán

Por la FCAA/VRAC/URL

Daniela Sandi

EQUIPO TÉCNICO

Revisión y edición del texto

Editorial Cara Parens

Diseño

William González

Diagramación

William González y Cecilia Cleaves

Fotografías

Guillermo Meza

Apoyo secretarial

Jacqueline Archila

Universidad Rafael Landívar

Autoridades institucionales

RECTOR

P. Miquel Cortés Bofill, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA

Dra. Martha Pérez de Chen

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN

Dr. José Juventino Gálvez Ruano

VICERRECTOR DE IDENTIDAD UNIVERSITARIA

P. José Antonio Rubio, S. J.

VICERRECTORA ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Mgtr. Silvana Guisela Zimeri Velásquez de Celada

SECRETARIO GENERAL

Dr. Larry Andrade-Abularach

Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna)

Mgtr. Juan Pablo Castañeda

Director

Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas

Mgtr. Carlos Leonel Morales Cajas

Decano

Contenido

PRESENTACIÓN

IX

ARTÍCULOS

Capacidad de adaptación al cambio climático: estudio de caso en comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala

Lorena Ninel Estrada, Ottoniel Monterroso y Pedro Pineda

1

Resiliencia y adaptación al cambio climático: estudio de caso en áreas urbanas de Guatemala

Héctor Guinea, Julio César Estrada y Ottoniel Monterroso

25

ENSAYOS

Subsistema de investigación y proyección de la Universidad Rafael Landívar: notas sobre su concepción, estructura, instrumentos y contexto

Juventino Gálvez

59

ENTREVISTAS

Reflexiones sobre el tema del agua en Guatemala

Juventino Gálvez

77

Presentación

Comprometida con rigurosos estándares epistemológicos y la identidad institucional de la Universidad Rafael Landívar (URL), la revista *Clavius* es un espacio académico mediante el cual se difunden aportes en los campos de la ciencia y la tecnología. La revista promueve el fortalecimiento de procesos de investigación y proyección enmarcados en la Agenda Universitaria de Investigación de la URL, a través del programa del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna), centrado en la «Ecología integral en Mesoamérica», y de la agenda programática que impulsa la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas (FCAA). Mediante su misión, *Clavius* no solo pretende ser un medio de difusión del conocimiento, sino que también aspira a posicionarse como un referente académico y lograr una acreditación internacional, estableciendo así un puente entre la investigación local y el contexto académico global.

En esta edición, se presenta el segundo número de la revista *Clavius*, cuyas contribuciones abarcan dos artículos sobre el cambio climático, un ensayo sobre investigación académica y una entrevista relativa al tema del agua.

Guatemala es uno de los territorios más vulnerables ante los efectos del cambio climá-

tico a nivel mundial. De ahí la importancia de conducir esfuerzos para la implementación de estrategias, acciones y políticas de mitigación y adaptación, especialmente para las poblaciones más vulnerables. Es así que en este número se incluyen dos estudios de caso que analizan la adaptación al cambio climático en el país desde dos perspectivas diferenciadas: la rural y la urbana. El primer artículo, titulado «Capacidad de adaptación al cambio climático: estudio de caso en comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala» identifica factores que mejoran la resiliencia local, partiendo de la idea de que dicha capacidad se basa en características socioeconómicas y en el entorno natural. Los resultados revelaron que el promedio de capacidad de adaptación fue «bajo», aunque existen diferencias significativas en cuanto a la adaptación al cambio climático entre las comunidades, lo cual sugiere que las políticas deben ser específicas para cada contexto.

El segundo artículo, titulado «Resiliencia y adaptación al cambio climático: estudio de caso en áreas urbanas de Guatemala», analiza la capacidad de adaptación de las principales zonas metropolitanas del país. El análisis se realizó mediante un indicador de resiliencia urbana que considera la interacción de los componentes sociales,

económicos, físicos e institucionales con el entorno natural. Los resultados muestran que las dieciocho áreas más grandes del sistema urbano de Guatemala exhiben una capacidad de resiliencia «media», atribuida a la influencia de ciertas condiciones políticas y económicas. Los hallazgos subrayan la necesidad de fortalecer los indicadores institucionales para mejorar la resiliencia de estos sistemas urbanos y su entorno.

La investigación y la proyección social son pilares fundamentales en la misión de cualquier institución académica que aspire a contribuir de manera significativa al desarrollo de su comunidad y a la transformación social. En este contexto, el ensayo «Subsistema de investigación y proyección de la Universidad Rafael Landívar: notas sobre su concepción, estructura, instrumentos y contexto» presenta el testimonio del esfuerzo y deseo de la Universidad por aportar al país a través de una investigación rigurosa y responsable, guiada por principios epistemológicos y ético-políticos.

La crisis del agua en Guatemala no es un fenómeno nuevo, pero su magnitud y complejidad han ido en aumento en los últimos

años, lo que lo convierte en un tema de creciente preocupación en la agenda nacional. En la entrevista titulada «Reflexiones sobre el tema del agua en Guatemala» se exploran las diversas problemáticas que rodean el suministro y la calidad del agua en el país, así como la necesidad urgente de implementar políticas públicas efectivas. Con un llamado a la acción y la colaboración, este diálogo invita a reflexionar sobre el papel de la ciudadanía, la responsabilidad del Estado y la importancia de construir un futuro donde el acceso al agua se reconozca como un derecho humano fundamental.

A través de estas contribuciones, esperamos aportar hacia la comprensión y la reconfiguración de las interacciones entre la sociedad y la naturaleza para conservar, restaurar y gestionar territorios resilientes y funcionales al bien común, en beneficio de toda la sociedad guatemalteca. Finalmente, extendemos una convocatoria a académicos, docentes, profesionales y estudiantes de distintas disciplinas, tanto de la comunidad landivariana como fuera de la URL, a sumarse a este esfuerzo mediante la presentación de artículos, ensayos, monografías y otras propuestas de carácter académico y científico.

Mgtr. Juan Pablo Castañeda Sánchez
Director
Iarna

Mgtr. Carlos Leonel Morales Cajas
Decano
FCAA



artículos

Capacidad de adaptación al cambio climático: estudio de caso en comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala

Climate change adaptation capacity: a case study in rural communities of northern and western Guatemala

Lorena Ninel Estrada,¹ Ottoniel Monterroso²
y Pedro Pineda³

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo analizar la capacidad potencial de adaptación al cambio climático en áreas rurales del norte y occidente de Guatemala, con el fin de identificar los factores que pueden mejorar la

resiliencia del territorio. Se partió de la tesis principal sobre la capacidad de adaptación de las comunidades basada en características socioeconómicas y características propias del entorno natural. A partir de una

1 Universidad Rafael Landívar, investigadora del IARNA al momento de la elaboración del artículo; miembro de la Organización de Mujeres en la Ciencia para el Mundo en Desarrollo. Doctora en ciencias ambientales con amplia experiencia en turismo sostenible, adaptación al cambio climático y gestión del riesgo de desastres. Ha trabajado para la Universidad del Valle de Guatemala y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Actualmente, labora en la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. Correo electrónico: ninelestrada@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0004-8943-5365>

2 Universidad Rafael Landívar, director del IARNA al momento de la elaboración del artículo. Agrónomo y economista ambiental. Ha estudiado las interacciones economía-ambiente y ahora promueve soluciones basadas en naturaleza y de adaptación basada en ecosistemas. Trabaja en la UICN-Guatemala, fue Decano de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la URL. Coordinador nacional del proyecto de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Correo electrónico: adolfo.monterroso@iucn.org. <https://orcid.org/0009-0000-3693-791X>

3 Universidad Rafael Landívar, coordinador del Departamento de Ciencias Ambientales del IARNA. Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Biodiversidad, Doctorado en Sociología. Treinta y tres años de experiencia en gestión ambiental con énfasis en recursos naturales renovables. Correo electrónico: papineda@url.edu.gt. <https://orcid.org/0009-0007-7739-5003>

evaluación estadística del índice de adaptación al cambio climático (IACC) llevada a cabo en el 2017, se clasificaron sus 25 indicadores en cuatro grupos de acuerdo con la correlación de las variables. El IACC se aplicó en 116 comunidades en siete departamentos del país.

Se llevó a cabo un análisis multivariado (factorial y de conglomerados), así como un análisis multivariado de varianza y análisis de varianza para agrupar a dichas comunidades en cuatro conglomerados. Los resultados muestran diferencias significativas en cuanto a la adaptación al cambio climático entre las comunidades estudiadas, lo cual implica que las estrategias políticas para el territorio deben adecuarse a cada comunidad. Se concluye que el marco conceptual del IACC es una herramienta útil para analizar las capacidades de adaptación de comunidades rurales; el promedio de capacidades de adaptación de las comunidades bajo estudio fue «bajo», con 46 puntos de 100 para el IACC; por último, la construcción de resiliencia implica la colaboración activa de actores locales y nacionales con acciones diferenciadas a nivel de hogar, comunidad, gobiernos locales y el territorio.

Palabras clave: índice de adaptación al cambio climático (IACC), resiliencia, adaptación, comunidades rurales, análisis multivariado

Abstract

The aim of this study was to assess the potential capacity for adaptation to climate change in rural areas of northern and western Guatemala, with the purpose of identifying the factors that can improve the resilience of the territory. The

main thesis was based on the adaptive capacity of communities regarding socioeconomic characteristics and characteristics of the natural environment. From a statistical evaluation of the climate change adaptation index (IACC, Spanish initials) conducted in 2017, its 25 indicators were classified into four groups according to the correlation of the variables. The IACC was applied in 116 communities in seven departments of the country. Multivariate analysis (factorial and cluster) was carried out, as well as multivariate analysis of variance and analysis of variance to group those communities into four clusters. The results show significant differences in terms of adaptation to climate change among the communities under study, which implies that policy strategies for the territory must be adapted to each community. It was concluded that the IACC conceptual framework is a useful tool to analyze the adaptation capacities of rural communities; the average adaptive capacity of the communities under study was "low", with 46 points out of 100 for the IACC; finally, building resilience involves the active collaboration of local and national actors, with differentiated actions at the household, community, local governments, and territory levels.

Keywords: climate change adaptation index (IACC, Spanish initials), resilience, adaptation, rural communities, multivariate analysis

1. Introducción

Centroamérica afronta diversos retos derivados del cambio climático, lo que se ha evidenciado en los recientes eventos climáticos y sus consecuentes impactos sociales y económicos (Sönke et al., 2016; Eckstein et al., 2017; Eckstein et al., 2020). Por ello,

es importante analizar las características y barreras locales existentes para la adaptación al cambio climático, a partir de lo cual se pueden promover políticas adecuadas y redirigir la inversión pública y privada de desarrollo. Este artículo parte de la agenda de investigación del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna) y analiza la capacidad potencial de adaptación al cambio climático de áreas rurales del norte y occidente guatemaltecos, con el fin de determinar los factores que pueden mejorar su resiliencia. Lo anterior, frente al hecho de que no solo es necesario identificar a las comunidades vulnerables, sino que se debe proveer información sobre las causas de dicha vulnerabilidad e identificar las respuestas más apropiadas para gestionarla y reducirla (Bele et al., 2013).

A partir del modelo socioecológico y sus atributos (Gallopín, 1994, 2003, 2006), el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (Iarna) (2014) desarrolló el índice de adaptación al cambio climático (IACC), ajustado por Estrada (2017), el cual se utilizó para identificar los factores y variables que mejor describen a las comunidades ubicadas en el norte y occidente del país, así como su capacidad potencial de adaptación ante el cambio climático. La tesis principal que se deriva del presente estudio es que la capacidad de adaptación de las comunidades rurales se compone de dos factores: por un lado, las características socioeconómicas, divididas en tres niveles —hogar, comunidad y gobierno local o nacional—; y por otro, son importantes las cualidades propias del entorno natural a nivel de paisaje, es decir, la provisión de bienes y servicios ecosistémicos.

En primer lugar, se ofrece un breve contexto del cambio climático y su impacto a corto y largo plazo para Guatemala; posteriormente, se indican las principales bases teórico-conceptuales sobre adaptación y resiliencia. Además, se incluye la descripción del análisis de índole cuantitativa utilizado para su desarrollo, el cual se basa en un extenso trabajo de levantamiento de información en campo y su análisis de gabinete, recurriendo a pruebas estadísticas multivariadas. En seguida, se presentan las aplicaciones de las bases teórico-conceptuales antes mencionadas para el análisis de las comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala. Se cierra el artículo con las conclusiones más relevantes.

2. Antecedentes y bases teórico-conceptuales

2.1 Antecedentes sobre el cambio y la variabilidad climática en Guatemala

Indudablemente, el cambio climático afecta actualmente a la región centroamericana y lo seguirá haciendo en las décadas por venir. Es importante, en consecuencia, diferenciar entre sus impactos a corto y largo plazo. En el corto plazo, puede esperarse un mayor número de eventos climáticos extremos, tales como sequías, exceso de lluvias, inundaciones, deslizamientos, heladas, erosión o incendios (Biota S. A. y The Nature Conservancy [TNC], 2014). En el mediano y largo plazo (en un horizonte que alcanza el 2050 hasta el 2080), se proyectan cambios sobre la media de la temperatura y humedad de la región centroamericana, lo que modificará las condiciones de los ecosistemas y,

con ello, la flora y fauna características de cada territorio (Iarna, 2011).

En cuanto al momento actual, con miras a acentuarse en el corto plazo, puede indicarse, como ejemplo, que los eventos climáticos que más daños han causado en términos de personas afectadas durante los últimos treinta años han sucedido del 2009 a la fecha. Estos eventos son: a) la sequía del 2009, con 2.5 millones de personas afectadas; b) la tormenta tropical Agatha del 2010, con cerca de 400 000 personas afectadas y deslizamientos de tierra que provocaron la muerte de más de 200 personas; c) la depresión tropical 12-E del 2011, que causó inundaciones y deslizamientos de tierra (500 000 personas afectadas); d) sequías y posteriormente exceso de precipitación en el 2014, lo que afectó a 1.3 millones de personas; e) la sequía del 2018, con 1.5 millones de personas afectadas (EM-DAT, 2020); f) la tormenta tropical Amanda, que en el 2020 dejó un total de 306 000 personas afectadas; g) las tormentas Eta y Iota, que en noviembre del 2020 dejaron 2 415 888 y 131 298 personas afectadas, respectivamente; y g) el huracán Julia, que dejó un total de 457 311 personas afectadas en el 2022 (EM-DAT, 2024).

Se ha documentado que los agricultores del país ya están percibiendo variaciones del clima. Por ejemplo, TNC (2015) sistematizó las experiencias de productores del altiplano occidental, quienes indicaron que los cultivos se han visto afectados por heladas fuera de temporada, por retrasos en la entrada de lluvias o por canículas muy largas. Por su parte, en el estudio de la Asociación de Servicios Comunitarios de Salud (Asecsa)

e Iarna (2014) se entrevistó a productores de Chimaltenango, quienes comentaron sobre sus experiencias del 2009 (año seco) y 2010 (año lluvioso), encontrándose que en los años de excesiva lluvia se tuvieron pérdidas de cosechas de hasta un 75 %, mientras que en los años secos la pérdida alcanzó un 50 % de la producción.

En cuanto a los escenarios de largo plazo, se proyecta que en Centroamérica pueden esperarse aumentos de temperatura y alteraciones en el ciclo hidrológico, lo cual provocaría ambientes más secos (Iarna, 2012). Con base en dichos escenarios, se proyectaron los cambios probables en los ecosistemas de Guatemala, encontrándose que, para el 2080, los bosques secos y muy secos (que ahora representan el 20 % del territorio nacional) pasarán a conformar más del 65 % del territorio nacional. Esto implica que habrá una reducción de la cobertura de los bosques húmedos, muy húmedos y pluviales, que se reducirá de 80 % a 60 % en el 2050 y a menos del 35 % en el 2080. Esta situación se espera incluso bajo los escenarios más optimistas frente al cambio climático (Iarna, 2011).

La diferenciación entre los impactos de corto y largo plazo permite argumentar que la adaptación al cambio climático requiere, en el corto plazo, de sistemas de alerta temprana enfocados en disminuir los impactos negativos de eventos extremos. En el largo plazo, en cambio, se requiere transformar los sistemas productivos actuales hacia otros que sean capaces de responder a las nuevas condiciones de temperatura y humedad que predominarán en el país.

2.2 Resiliencia y adaptación al cambio climático

Investigaciones recientes sobre los sistemas socioecológicos (Van Assche *et al.*, 2019) centran el estudio de la adaptación al cambio climático en torno al análisis de la resiliencia (Cumming, 2011). El término «resiliencia» se define como la capacidad de un sistema de soportar cambios externos, respondiendo activa y positivamente ante ellos (Giddens, 2009). El Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) conceptualiza la resiliencia como «la habilidad de un sistema social o ecológico de absorber perturbaciones y retener la misma estructura básica, así como formas de funcionar, la capacidad de auto organización, y la capacidad de adaptarse naturalmente al estrés y al cambio» (IPCC, 2007, p. 3). Meadows (2008) agrega que la resiliencia se refiere a la capacidad de un sistema para la autoorganización y la construcción de nuevos sistemas en una estructura jerárquica vertical, lo que implica que la resiliencia incluye los procesos de absorción, adaptación y transformación. Asimismo, el último informe del IPCC (2022) establece el concepto de resiliencia con algunas variantes:

la resiliencia, que puede referirse a un proceso o a un resultado, abarca no solo el concepto de mantener una función, identidad y estructura esenciales, sino también el mantenimiento de una capacidad de transformación. Tales transformaciones plantean cuestiones de justicia, poder y política. (p. 123)

La resiliencia es, por lo tanto, un atributo o propiedad de los sistemas socioecológicos.

Para que un sistema sea resiliente, debe tener capacidades propias de respuesta ante eventos externos. En los sistemas socioecológicos, el ajuste de procesos debe realizarse en las instituciones, asegurando el autoaprendizaje y empoderamiento de los actores sociales.

La «adaptación», por su parte, se refiere a los cambios internos del sistema socioecológico en respuesta a los impactos del cambio climático actuales y esperados. La adaptación implica aquellas acciones que se implementan ante las consecuencias del cambio climático con lógica preventiva y remedial (Giddens, 2009; Moser y Ekstrom, 2010). Frente a la envergadura de la crisis climática, se prevé que la adaptación sería estructural. El IPCC (2007) identifica tres tipos de estrategias de adaptación al cambio climático: a) adaptación preventiva, la cual toma lugar antes de que los impactos sean observados; b) adaptación autónoma, que no es una respuesta consciente, pero se da a partir de cambios ecológicos en sistemas naturales y humanos; y c) la adaptación planificada como resultado de decisiones políticas deliberadas, basadas en el conocimiento del cambio en las condiciones y en las acciones requeridas para alcanzar un estado deseado.

Para diagnosticar la resiliencia de un sistema socioecológico, se debe analizar su respuesta a situaciones externas en un horizonte temporal definido. Ello requiere, por lo tanto, del desarrollo de modelos dinámicos de simulación. Sin embargo, puede argumentarse que una forma indirecta de calcular la resiliencia de un sistema socioecológico es determinar la capacidad del sistema

para implementar acciones, preventivas o reactivas, ante eventos climatológicos; es decir, se puede medir la capacidad de adaptación del sistema.

En la actualidad, existe una gama de marcos de medición de la capacidad de adaptación al cambio climático. Ejemplo de ellos son el índice de vulnerabilidad climática (Sullivan y Huntingford, 2009); el índice de resiliencia, medición y modelo de análisis, desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) (2010); el índice de cambio climático (International Geosphere-Biosphere Programme [IGPB], 2013); la evaluación de resiliencia basada en la comunidad, desarrollada por el United Nations Development Programme (UNDP) (2013); el índice de vulnerabilidad costera relativa en un entorno de mareas macro para la adapta-

ción al cambio climático (Tibbetts y Proosdij, 2013); y la autoevaluación y evaluación holística de la resiliencia climática de agricultores y pastores (FAO, 2014).

El Iarna, por su parte, desarrolló el índice de adaptación al cambio climático (IACC) (Iarna, 2014), el cual representa una iniciativa basada en el sistema socioecológico para medir la adaptación y la resiliencia al cambio climático, contextualizando la propuesta a la situación guatemalteca. El IACC toma como base los siguientes atributos del sistema socioecológico (Gallopín, 2003): disponibilidad de recursos, homeostasis general, capacidad de respuesta, autosuficiencia, empoderamiento y adaptabilidad y flexibilidad. Así, se plantea que la capacidad potencial de adaptación puede calcularse analizando las características socioeconómicas subdivididas en los nive-

Tabla 1

Marco de ámbitos e indicadores que componen el IACC, adaptado para comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala

Criterios socioeconómicos	Criterios de territorio
<p>Riqueza en hogar (disponibilidad de recursos)</p> <p>1.1 Condición de pobreza general (riqueza)</p> <p>1.2 Acceso a crédito</p> <p>1.3 Asistencia técnica</p> <p>1.4 Escolaridad</p> <p>1.5 Necesidades básicas insatisfechas (NBI): salud, educación, agua, saneamiento, infraestructura versus necesidades básicas satisfechas (NBS) (valor invertido)</p> <p>1.6 Índice de electrificación</p> <p>1.7 Diversidad de fuentes de ingreso económico</p>	<p>Condición del territorio</p> <p>4.1 Disponibilidad de agua</p> <p>4.2 Cobertura forestal</p> <p>4.3 Agricultores que aplican medidas de conservación de suelos</p> <p>4.4 Áreas protegidas legalmente establecidas</p> <p>4.5 Conflictos de uso del suelo</p> <p>4.6 Nivel de riesgo (nivel de amenazas)</p> <p>4.7 Diversidad actual y potencial de agrosistemas</p> <p>4.8 Densidad de ecosistemas naturales</p>

Criterios socioeconómicos	Criterios de territorio
<p>Capacidad de respuesta comunitaria</p> <p>2.1 Acceso a salud</p> <p>2.2 Criminalidad</p> <p>2.3 Prevalencia de enfermedades (salud)</p> <p>2.4 Empoderamiento de la mujer</p> <p>2.5 Nivel de participación en organizaciones prodesarrollo</p>	<p>Capacidad de respuesta municipal</p> <p>3.1 Inversión municipal</p> <p>3.2 Gasto ambiental/adaptación</p> <p>3.3 Gasto para la gestión del agua</p> <p>3.4 Conocimiento sobre adaptación</p> <p>3.5 Plan de ordenamiento territorial explícito y en ejecución</p>

Fuente: elaboración propia con base en datos tomados del Iarna (2014) y Estrada (2017).

les doméstico, comunitario y municipal, así como por el conjunto de características de los bienes y servicios ecosistémicos a nivel del territorio. Estrada (2017) llevó a cabo una evaluación estadística de la propuesta inicial del IACC, a partir de la cual se agruparon sus 25 indicadores en cuatro grupos de acuerdo con la correlación de las variables.

La tabla 1 muestra la estructura de indicadores que componen el IACC de comunidades rurales, abordando aspectos socioeconómicos, biofísicos e institucionales. En total, se incluyen 25 indicadores, subdivididos en cuatro criterios de análisis.

3. Descripción del análisis multivariado

Los indicadores de la tabla 1 se obtuvieron a través de una base de datos, para la cual el Iarna (2016) realizó un trabajo de campo en 116 comunidades del norte y altiplano occidental. Se tomaron en cuenta comunidades que recibieron apoyo de proyectos de desa-

rollo internacional y comunidades no beneficiarias de proyectos.⁴ Se seleccionó una muestra estadísticamente significativa de familias: se encuestó a 621 hogares en el 2014 y a 747 hogares en el 2016. Se contó con una base de datos inicial de 69 variables (Iarna, 2016), la cual fue ajustada por Estrada (2017) para conformar el índice de adaptación al cambio climático utilizado en este estudio.

Para empezar, la medida de muestreo Kaiser-Meyer Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett confirmaron la idoneidad de la muestra (0.689) con respecto al nivel de correlación entre las variables. Se desarrolló un análisis multivariado que consistió en análisis factorial y de conglomerados (exploratorio y confirmatorio) para agrupar a las comunidades con capacidades de adaptación similares, un análisis de varianza multivariado y un análisis de varianza para establecer diferencias significativas entre grupos o conglomerados. El análisis estadístico se llevó a cabo en XLSTAT (2017), SPSS v.24 (IBM Corp., 2016) e InfoStat (Di Rienzo *et al.*,

4 La base de datos es la *Encuesta de Monitoreo y Evaluación del Programa del Altiplano Occidental (Emepao)*, realizada por el Proyecto Usaid-Guatemala n.º AID-520-C-13-00001, en contrato con DevTech Systems, Inc., y donde el Iarna fue socio local. El contenido expresado aquí es responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (Usaid) o del Gobierno de los Estados Unidos de América.

2015), de acuerdo con las necesidades de análisis para cada paso metodológico.

Mediante el análisis factorial exploratorio, se agruparon las variables en siete factores, para luego llevar a cabo un análisis confirmatorio de cuatro factores. Con base en esos cuatro factores, se llevó a cabo un análisis de conglomerados exploratorio, el cual generó dos grupos de comunidades y, una vez realizado el análisis de conglomerados confirmatorio, se agruparon dichas comunidades en cuatro grupos.

El grupo 1 englobó a 60 comunidades, el grupo 2 a 6, el grupo 3 a 37, mientras que el grupo 4 agrupó a 13, para un total de 116 comunidades. Mediante el análisis de varianza multivariado para los conglomerados, utilizando los factores y mediante la prueba de Hotelling, se determinó que existen diferencias significativas entre conglomerados (nivel de significancia menor a 0.05 (< 0.0001); mientras que el análisis de varianza para los factores utilizando la prueba Duncan estableció que todos mostraron diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

Las comunidades que conforman el estudio de caso se encuentran ubicadas en Petén (19), Alta Verapaz (18), Huehuetenango (35), Quiché (22), Totonicapán (3), San Marcos (18) y Quetzaltenango (1). La figura 1 muestra la ubicación de las comunidades con base en los grupos o conglomerados.

4. Desarrollo del estudio

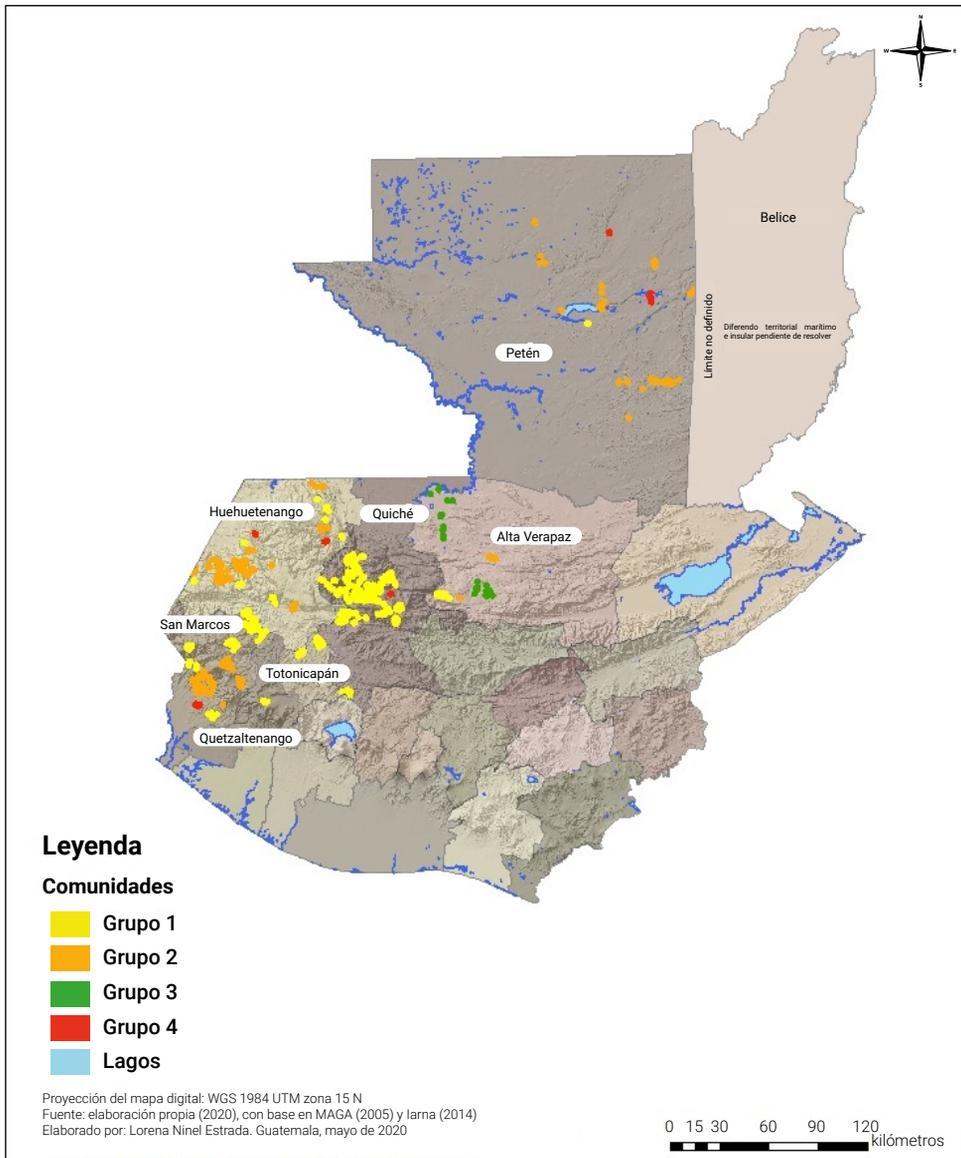
4.1 Resultados generales del índice de adaptación al cambio climático (IACC)

La figura 2 muestra los resultados del IACC de las 116 comunidades evaluadas del occidente y norte del país, según los valores promedio de los indicadores. Puede apreciarse que, en términos generales, la muestra de comunidades obtuvo un valor promedio de 47 puntos (de 100 posibles) en la calificación del IACC. Esto significa que las comunidades analizadas tienen atributos propios de orden institucional, socioeconómico y biofísico mermaados que les dificultan enfrentar las nuevas condiciones que impone el cambio climático. Esta realidad es crítica porque en la actualidad afecta directamente a las comunidades, las personas y sus medios de vida.

Es importante analizar los resultados del IACC según los criterios que lo componen. En cuanto a los aspectos socioeconómicos, el primer criterio de análisis es la disponibilidad de recursos del hogar, donde el IACC toma en cuenta indicadores tales como la condición de pobreza general, el nivel de educación y la diversidad de fuentes de ingreso. Otras propuestas de indicadores también se enfocan en variables socioeconómicas para evaluar el potencial de adaptación a nivel de hogar. Por ejemplo, Abdul-Razak y Kruse (2017) caracterizaron la capacidad adaptativa de pequeños agricultores en el África subsahariana mediante un marco de indicadores que tomó en cuenta los recursos económicos, concienciación y capacitación, capacidad tecnológica, infraestructura, capital social e instituciones.

Figura 1

Capacidad de adaptación al cambio climático de comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala en el área de estudio



Nota. Comunidades distribuidas por grupo o conglomerado, según los indicadores del IACC de Guatemala. Grupo 1 (60 comunidades), grupo 2 (6 comunidades), grupo 3 (37 comunidades) y grupo 4 (13 comunidades), para un total de 116 comunidades. Fuente: elaboración propia.

Asimismo, Huynh y Stringer (2018) eligieron indicadores sociales, financieros, humanos, naturales, físicos y de diversificación de medios de vida para medir la vulnerabilidad a nivel de hogar. Titonell (2014) afirma que los hogares cuyos recursos naturales, financieros y humanos se ven disminuidos son más vulnerables a caer en la pobreza, lo cual puede influir en cambios drásticos en sus fuentes de ingreso o medios de vida, abriendo aún más la brecha entre ricos y pobres. Es por ello que la diversificación de los medios de vida puede jugar un papel importante en la reducción de los riesgos asociados con el estrés climático (Goulden et al., 2013).

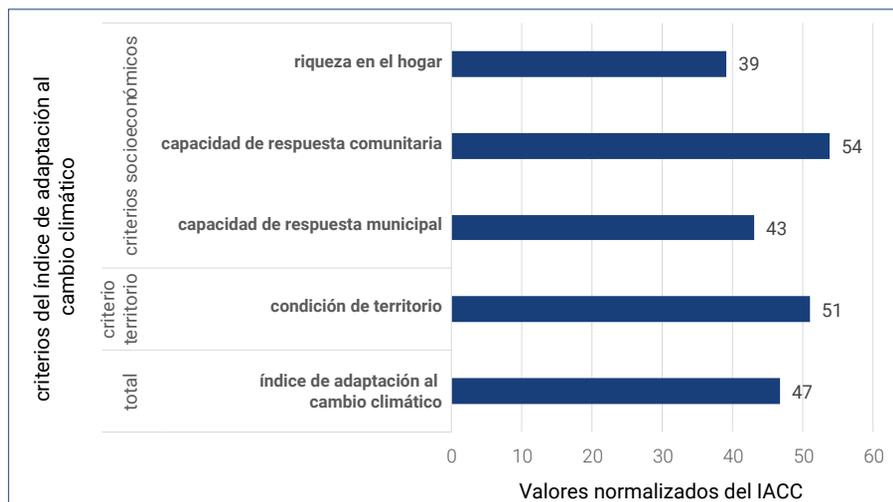
En la muestra de 116 comunidades del norte y occidente guatemaltecos, la «disponibilidad de recursos a nivel de hogar» obtuvo un promedio de 39 puntos de 100, siendo el valor más bajo de todos los criterios analizados (ver figura 2). Los indicadores muestran, por ejemplo, que del 45 % de las comu-

des que se encuentran en pobreza, solo el 14 % de los hogares tiene acceso al crédito y que el promedio de educación del jefe de familia es de 5.7 años de escolaridad formal.

El segundo criterio socioeconómico es la «capacidad de respuesta comunitaria», el cual toma en cuenta indicadores como salud, prevalencia de enfermedades y empoderamiento de la mujer. La capacidad de respuesta a nivel de comunidad se ha utilizado como un marco para entender y propiciar el bienestar de las comunidades y sistemas socioecológicos rurales vinculados al bosque (Akamani et al., 2015). Huynh y Stringer (2018) proponen que las variables relacionadas con gobernanza y capacidad institucional determinan el rango de adaptación de las comunidades, su efectividad de respuesta y políticas, y su capacidad para resistir al cambio climático. Asimismo, el empoderamiento de las mujeres rurales juega un papel importante en la erradicación

Figura 2

Resultados del IACC de 116 comunidades del occidente y norte de Guatemala (valores normalizados y promedios de las comunidades)



Fuente: elaboración propia.

de la pobreza y el hambre bajo condiciones climáticas cambiantes, mediante su trabajo en pro del bienestar de sus hogares (Meyiwa *et al.*, 2014).

En las comunidades muestreadas, la «capacidad de respuesta comunitaria» fue el aspecto mejor evaluado, con 54 puntos de 100 (ver figura 2). Los indicadores de este criterio muestran que el 42 % de los hogares participa en alguna organización comunitaria y que el índice de criminalidad de 2 homicidios por cada 100 000 habitantes está muy por debajo de la media nacional de 24.9, registrada en el 2016 (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2018).

El hecho de que la respuesta comunitaria sea el criterio mejor evaluado puede deberse, en parte, a que la sociedad guatemalteca rural (e indígena) está sustentada en valores comunitarios más que en valores individuales. Esto significa que muchos hogares rurales del país priorizan el bienestar comunitario sobre el personal, como una estrategia para hacer frente a los desafíos de desarrollo que afrontan. Esta visión comunitaria ha sido la base para conservar los bosques y los recursos naturales locales. Dicho aspecto debe tomarse en cuenta para el diseño de políticas de adaptación al cambio climático, como el punto de partida para fortalecer los demás aspectos necesarios para la adaptación.

El tercer criterio de análisis del IACC, correspondiente a las características socioeconómicas (e institucionales oficiales), es la «capacidad de respuesta municipal», el cual toma en cuenta indicadores como inversión municipal, gasto para gestión del agua y existencia de planes de ordenamien-

to territorial. Los gobiernos municipales son un elemento clave para la adaptación local a los impactos del cambio climático (Measham *et al.*, 2011; Pasquini *et al.*, 2015); sin embargo, la planificación municipal se ve restringida por la falta de recursos e información, así como la ausencia de liderazgo y agendas de trabajo (Measham *et al.*, 2011). En este sentido, el acceso al conocimiento, la disponibilidad de recursos y la estabilidad política son factores que pueden afectar positivamente la integración a la planificación municipal de la adaptación al cambio climático (Pasquini *et al.*, 2015).

Para las comunidades muestreadas, la «capacidad de respuesta municipal» fue el segundo criterio con calificación más baja, con 43 puntos de 100 (figura 2). Este puntaje se debe a que ninguna de las municipalidades contaba con un plan de ordenamiento territorial al momento de la encuesta y solo el 58 % de los personeros municipales encuestados contaba con conocimientos sobre cambio climático.

El cuarto criterio de análisis del IACC toma en cuenta las «condiciones del territorio», es decir, la capacidad de gestionar adecuadamente los bienes y servicios ecosistémicos. Se representa con indicadores como disponibilidad de agua, cobertura forestal y densidad de ecosistemas naturales. En países en desarrollo, los bosques juegan un papel importante en el suministro de bienes y servicios, pero dichos ecosistemas se encuentran bajo presión debido a prácticas de manejo no sostenibles, cambio de uso de la tierra y presiones derivadas del cambio climático (Robledo *et al.*, 2012; Casey *et al.*, 2016). No obstante, detrás de esas pre-

siones operan aspectos como la marginalidad social, la estructura agraria, el acceso a energía, la arbitrariedad de las políticas públicas y otros. Los ecosistemas forestales sustentan las estrategias de adaptación de las comunidades cercanas, mientras que los bosques saludables reducen el riesgo a desastres durante eventos climáticos extremos (Robledo et al., 2012).

La resiliencia derivada de los servicios ecosistémicos se determina por procesos ecológicos y sociales, para lo cual es de vital importancia la capacidad adaptativa de las comunidades a los cambios y perturbaciones. Algunas veces, el sistema social es capaz de adaptarse a los cambios en los ecosistemas provocados por el clima y así mantiene el bienestar de las poblaciones (Seidl et al., 2016). La evaluación de los bienes y servicios ecosistémicos ha sido un objetivo de estudio de las diferentes entregas del *Perfil Ambiental de Guatemala* (Iarna, 2012), donde se ha fundamentado la necesidad de sostener la base natural como requisito necesario para el desarrollo sostenible.

Las comunidades evaluadas promediaron 51 puntos de 100 en el criterio de «condición de territorio» (ver figura 2), el cual incluye, como ya se dijo, indicadores como disponibilidad de agua, cobertura forestal y conflictos de uso del suelo. Este fue el segundo criterio más alto de la muestra de comunidades. Los indicadores con mejor puntaje fueron la presencia de cobertura forestal en el 74 % del territorio de las comunidades encuestadas y el uso correcto del suelo en el 73 % del territorio.

De esta revisión se puede resaltar la importancia de contar con un marco de análisis integral para medir la capacidad de respuesta ante el cambio climático. Este marco debe considerar los diversos niveles de la capacidad de respuesta rural, tal como lo muestra el IACC utilizado en este estudio de caso. El IACC permitió identificar que las principales debilidades de las áreas rurales del occidente y norte del país para afrontar el cambio climático se encuentran en el alto nivel de pobreza de los hogares, así como en la debilidad de las instituciones (en este caso, las instancias municipales). Las principales fortalezas están en el carácter comunitario de la sociedad rural nacional, así como la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, aunque este aspecto tiende al deterioro.

4.2 Agrupación de comunidades según el análisis multivariado

El ejercicio de conglomerados permitió profundizar en el análisis al identificar cuatro grupos de comunidades según la similitud de sus características socioeconómicas y territoriales. La figura 1 muestra la ubicación de las comunidades según departamento y grupo identificado, mientras que la figura 3 muestra los resultados del IACC. Mediante el análisis de conglomerados se obtienen grupos con la menor varianza entre comunidades a lo interno de cada agrupación y la mayor varianza entre grupos.

El grupo 1 reúne a 60 comunidades ubicadas principalmente en Quiché, con algunas en Huehuetenango y San Marcos. Es el grupo con la calificación más alta del IACC para

las comunidades muestreadas, con 49 puntos de 100 (figura 3). Los hogares de este grupo cuentan con los ingresos más altos de la muestra; además, son comunidades con las mejores capacidades de respuesta y se encuentran ubicadas en municipios con potencial de adaptación medio (aunque el potencial es bajo con respecto a un nivel óptimo). Las características territoriales, aunque bajas con respecto a la muestra, no son significativamente diferentes a la media de las comunidades muestreadas. El 30 % de los hogares de este grupo recibe asistencia técnica para sus procesos productivos, ya sea de instituciones públicas o privadas (Iarna, 2014) y los jefes de familia cuentan con el mayor promedio de escolaridad (6.6 años). El 62 % de las familias aplica medidas de conservación de suelos, superando en este aspecto a los otros grupos.

El grupo 2 congrega a 37 comunidades ubicadas en Huehuetenango, San Marcos y Petén. Los hogares de este grupo poseen un ingreso menor que el del anterior, pero cuentan con capacidades comunitarias y municipales similares al grupo 1. La diferencia principal radica en que es el grupo con las mejores condiciones territoriales, tales como un mayor nivel de cobertura forestal (80 % del territorio donde se ubican las comunidades) y mayor densidad de ecosistemas (13 % del territorio de las comunidades). Este grupo cuenta, además, con el mayor acceso a salud de la muestra (0.29 médicos por 1000 habitantes) y la menor tasa de enfermedad (193.91 enfermos por 1000 habitantes).

El grupo 3 está compuesto por 13 comunidades ubicadas en Alta Verapaz y agrupa a hogares con ingresos bajos. Las capacida-

des comunitarias, municipales y territoriales son menores que las de los dos grupos anteriores. Es el grupo con la menor superficie forestal (56 % de su territorio) y la densidad de ecosistemas es la más baja, con el 8.4 % de la superficie. Los hogares cuentan con poca asistencia técnica, presentan el nivel más bajo de educación y tienen el acceso a salud más bajo (0.1 médicos por 1000 habitantes). Llama la atención, sin embargo, que este grupo cuenta con el porcentaje más alto de mujeres empoderadas, lo que se considera una fortaleza y puede ser un activo que les permite hacer frente a ciertas adversidades.

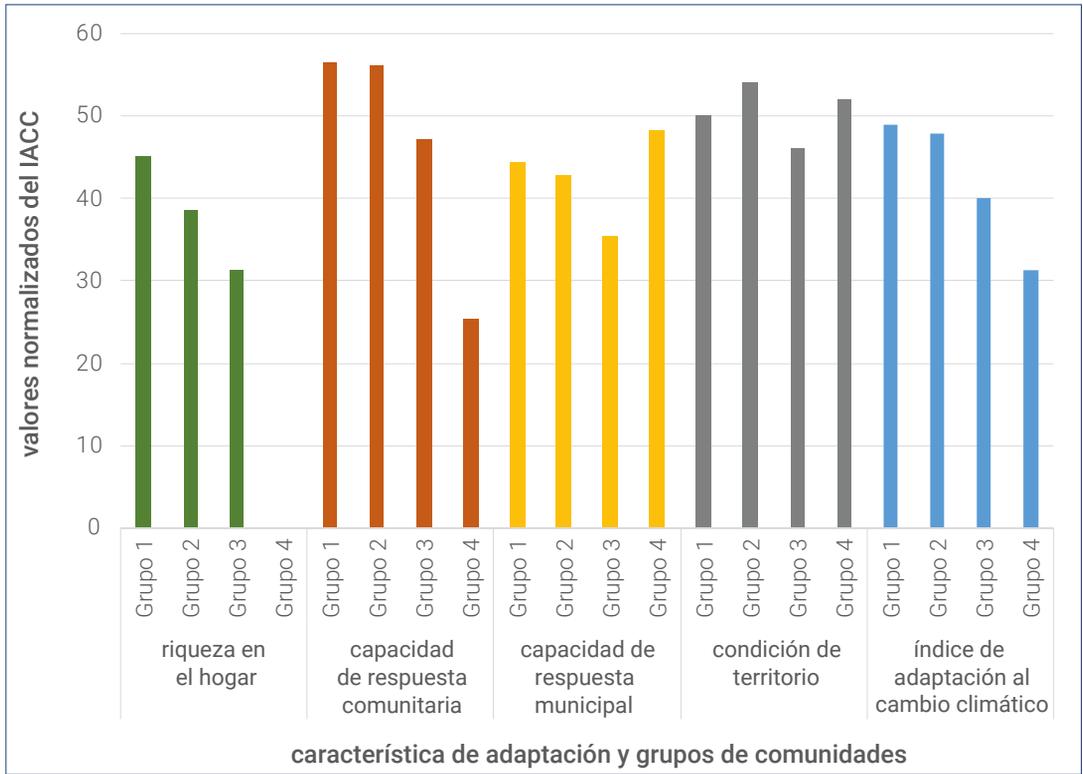
El grupo 4 reúne a 6 comunidades ubicadas en Huehuetenango, Petén, Quiché y San Marcos. Se caracteriza por agrupar a las comunidades más pobres de la muestra, que también cuentan con los niveles más bajos de capacidades comunitarias. Sin embargo, se encuentran ubicadas en municipios con fortalezas de gestión pública (por ejemplo, inversión en gestión del agua, con 30.4 %), cuentan con alta cobertura forestal (84 % de su territorio) y con la mayor densidad de ecosistemas (24.3 %). Es el grupo con la calificación más baja del IACC.

Los resultados del análisis multivariado sugieren la presencia de diferencias significativas entre comunidades rurales del país, con diferencias de hasta 18 puntos en la capacidad de adaptación al cambio climático. Por lo tanto, las estrategias políticas no pueden ser homogéneas, sino que deben adecuarse a las fortalezas y debilidades de cada comunidad.

En el análisis por grupos, nuevamente se encontró que las capacidades comunitarias y

Figura 3

Comparación de los criterios de adaptación al cambio climático según grupos de comunidades (promedio de valores normalizados por cada variable)



Fuente: elaboración propia.

la provisión de bienes y servicios ecosistémicos son los factores que más aportan a una alta calificación. Por su parte, los dos grupos de comunidades con la menor calificación de adaptación se caracterizaron por contar con medios de vida vulnerables, un bajo empoderamiento de la mujer y un bajo nivel educativo, así como poco acceso a servicios de salud. Estos resultados son similares a los encontrados por Huyn y Stringer (2018), quienes indican que las comunidades vulnerables se caracterizan por hogares con bajo nivel educativo, escasas oportunidades de fuentes de ingreso y poco acceso a capital

físico, natural, financiero y social. Todo lo anterior, junto con la falta de acceso a recursos y capacidades, dificulta que las comunidades rurales se enfrenten a los eventos extremos del clima (Bele et al., 2013).

La disponibilidad de recursos, incluyendo la disponibilidad de agua, la cobertura forestal y la densidad de ecosistemas, entre otros, son factores importantes para que las comunidades puedan adaptarse al cambio climático (Gallopín, 2003; Iarna, 2014). El porcentaje de cobertura forestal en las comunidades bajo estudio es relativamente

alto, incluso en los grupos de comunidades menos resilientes, lo que quizás ha ayudado a amortiguar los efectos del cambio climático hasta el momento; no obstante, las bajas condiciones socioeconómicas de la región ponen en peligro la permanencia del recurso forestal a largo plazo.

En cuanto a la capacidad de respuesta, referida a la habilidad del sistema socioecológico para enfrentar el cambio (Gallopín, 2003), es necesario contar con los mecanismos e instrumentos de política pública y privada que permitan a la región aplicar intervenciones prácticas y expandir su variedad de opciones de resiliencia y adaptación en contextos locales (Chanza *et al.*, 2018). El empoderamiento de la mujer es un factor clave, ya que denota su grado de participación en la sociedad para enfrentar los efectos adversos del clima (Gallopín, 2003; Meyiwa *et al.*, 2014); el mismo se relaciona con aspectos socioeconómicos como el nivel educativo y el ingreso económico.

Es necesario contemplar que los criterios que componen el IACC —sociales, económicos y ambientales— están altamente relacionados. El objetivo a largo plazo debe ser fortalecer las capacidades de adaptación de las comunidades en búsqueda de su resiliencia. En este sentido, la adaptabilidad y flexibilidad del sistema socioecológico son fundamentales para lograr las metas de resiliencia y adaptación.

Para mejorar la adaptación y la resiliencia de las zonas rurales en general, es necesario el estudio a profundidad de las formas de medición de la adaptación y la resiliencia al cambio climático. Existe una gran

cantidad de marcos de medición (Sullivan y Huntingford, 2009; FAO, 2010; IGPB, 2011; UNDP, 2013; Tibbetts y Proosdij, 2013; FAO, 2014), pero se debe trabajar en el desarrollo de herramientas que se adecuen a la realidad del contexto nacional y regional. Es por ello que el uso de herramientas desarrolladas localmente, como el IACC (Iarna, 2014; Estrada, 2017) y su validación a través de estudios como el aquí presentado ayudan a fortalecer los marcos existentes de monitoreo y evaluación de la adaptación al cambio climático y a formular una política pública apegada a la realidad nacional con enfoque territorial.

5. Discusión y conclusiones generales

El marco conceptual del IACC, fundamentado en los atributos del sistema socioecológico (Gallopín, 2003), es una herramienta útil para analizar las capacidades de adaptación al cambio climático de las comunidades rurales guatemaltecas, las cuales se estipulan en función de las características socioeconómicas (nivel de hogar, comunidad y municipal) y territoriales (provisión de bienes y servicios ecosistémicos) de dichas comunidades. El estudio sistemático de las capacidades de adaptación y resiliencia contribuye a comprender de mejor forma las fortalezas y debilidades de las comunidades rurales ante el cambio climático y a enfocar de mejor forma las políticas, estrategias diferenciadas y la asignación de recursos pertinentes para fortalecer estas aptitudes.

A nivel general, el promedio de capacidad de adaptación de las 116 comunidades estudiadas fue bajo, con 46 puntos de 100

según el IACC. Esto implica que las comunidades rurales en el área norte y occidental de Guatemala no están preparadas para hacer frente a los retos que implica el cambio climático en el país. Los criterios mejor evaluados fueron los relacionados con las capacidades comunitarias y la existencia de bienes y servicios ambientales; mientras que los que deben fortalecerse son el alto nivel de pobreza a nivel de hogar y las bajas competencias de los gobiernos municipales. Respecto al criterio mejor evaluado, se vincula con las competencias a nivel comunitario, tales como la participación en organizaciones locales y un bajo nivel de violencia comunitaria. Para promover estrategias y políticas de adaptación, debe tomarse en cuenta el fortalecimiento de los niveles existentes de participación comunitaria, sin imponer nuevas estructuras que dañen las existentes.

En el análisis a nivel de comunidad se encontraron diferencias significativas entre las 116 comunidades analizadas. Se identificaron cuatro grupos con características distintas en sus capacidades socioeconómicas y territoriales; se registró una diferencia de hasta 18 puntos del IACC entre el grupo con mayor puntaje y el de menor puntaje. Dos grupos de comunidades (grupos 1 y 2) ubicadas principalmente en Huehuetenango y Quiché se caracterizaron por una mayor riqueza del hogar, mayor promedio de escolaridad, menor prevalencia de enfermedades, mayor acceso a salud, más asistencia técnica y un mayor porcentaje de agricultores que aplican medidas de conservación de suelos. Cuentan con un nivel socioeconómico relativamente mayor, que les permite estar mejor preparados para afrontar los efectos negativos del cambio climático.

Por otra parte, dos grupos de comunidades ubicadas principalmente en Alta Verapaz y dispersas en Huehuetenango, Petén, Quiché y San Marcos (grupos 3 y 4) obtuvieron los valores más bajos del IACC. Son comunidades con mayores niveles de pobreza en el hogar y capacidades comunitarias menos fortalecidas. Se caracterizan por contar con poca asistencia técnica, un bajo nivel de escolaridad y poco acceso a salud. Sus principales fortalezas radican en la mayor cobertura forestal territorial y densidad de ecosistemas, lo que significa la presencia de bienes y servicios ecosistémicos que seguramente complementan su ingreso y se convierte en una oportunidad para promover políticas efectivas de adaptación al cambio climático.

La construcción de resiliencia implica la colaboración y un papel activo de los actores locales y nacionales, con acciones diferenciadas a nivel del hogar, la comunidad, los gobiernos locales y el territorio. Se requiere del diseño de políticas y programas flexibles que generen oportunidades de desarrollo y que estén enfocados en las poblaciones locales con menor capacidad adaptativa. El IACC, como se ha mostrado en este caso, es un instrumento que permite el diseño de dichas políticas diferenciadas por territorio y por comunidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Juventino Gálvez sus valiosos comentarios al borrador inicial, así como su contribución en la edición técnica del presente artículo; los aciertos o errores son responsabilidad de los autores.

Referencias

- Abdul-Razak, M. y Kruse, S. (2017). The adaptive capacity of smallholder farmers to climate change in the Northern Region of Ghana. *Climate Risk Management*, 17, 104-122. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.06.001>
- Akamani, K., Wilson, P. I. y Hall, T. E. (2015). Barriers to collaborative forest management and implications for building the resilience of forest-dependent communities in the Ashanti region of Ghana. *Journal of Environmental Management*, 151, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.006>
- Asociación de Servicios Comunitarios de Salud e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2014). *Estudio de impacto sobre la variabilidad climática en la producción agrícola y medidas de adaptabilidad en 10 comunidades rurales de Guatemala*. Cholsamaj.
- Bele, M. Y., Tiani, A. M., Somorin, O. A. y Sonwa, D. J. (2013). Exploring vulnerability and adaptation to climate change of communities in the forest zone of Cameroon. *Climatic Change*, 119, 875-889. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0738-z>
- Biota, S. A. y The Nature Conservancy. (2014). *Análisis de la vulnerabilidad ante el cambio climático en el altiplano occidental de Guatemala*.
- Casey, R., Pritchard, R., McNicol, I., Owen, M., Fisher, J. y Lehmann, C. (2016). Ecosystem services from southern African woodlands and their future under global change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 371(1703). <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0312>
- Chanza, N., Chigona, A., Nyahuye, A., Mataera-Chanza, L., Mundoga, T. y Nondo, N. (2018). Diagnosing barriers to climate change adaptation at community level: reflections from Silobela, Zimbabwe. *GeoJournal*, 84, 771-783. <https://doi.org/10.1007/s10708-018-9890-3>
- Cumming, G. (2011). *Spatial resilience in social-ecological systems*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0307-0>
- Di Rienzo, J. A., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2015). *InfoStat versión 2015 [software]*. Grupo InfoStat, FCA y Universidad Nacional de Córdoba.
- Eckstein, D., Künzel, V. y Schäfer, L. (2017). *Global climate risk index 2018: who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2016 and 1997 to 2016*. <https://www.germanwatch.org/sites/default/files/publication/20432.pdf>

- Eckstein, D., Künzel, V., Schäfer, L. y Wings, M. (2020). *Global climate risk index 2020. Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2018 and 1999 to 2018*. GermanWatch. https://www.germanwatch.org/sites/default/files/20-2-01e%20Global%20Climate%20Risk%20Index%202020_14.pdf
- EM-DAT. (2020). *The Emergency Events Database*. Universite Catholique de Louvain–CRED, D. Guha-Sapir. www.emdat.be
- EM-DAT. (2024). *The Emergency Events Database*. Universite Catholique de Louvain–CRED, D. Guha-Sapir. www.emdat.be
- Estrada, L. N. (2017). *Simplifying complexity: assessment of composite indices of climate change adaptation, with an application to northern and western Guatemala* [disertación para el grado de Doctorado en Filosofía, State University of New York, College of Environmental Science and Forestry].
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010). *Resilience index. Measurement and analysis model technical brief*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014). *Assessing climate resilience of smallholder farmers and pastoralists. The SHARP tool in action*. https://www.fao.org/agriculture/crops/noticias-eventos-boletines/detail/es/item/289435/icode/?no_cache=1
- Gallopín, G. C. (1994). *Impoverishment and sustainable development: a systems approach*. International Institute of Sustainable Development.
- Gallopín, G. C. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Gallopín, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>
- Giddens, A. (2009). *The politics of climate change*. Polity Press.
- Goulden, M. C., Adger, W. N., Allison, E. H. y Conway, D. (2013). Limits to resilience from livelihood diversification and social capital in lake social-ecological systems. *Annals of the Association of American Geographers*, 103(4), 906-924. <https://doi.org/10.1080/00045608.2013.765771>

- Huynh, L. T. M. y Stringer, L. C. (2018). Multi-scale assessment of social vulnerability to climate change: an empirical study in coastal Vietnam. *Climate Risk Management*, 20, 165-180. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.02.003>
- IBM Corp. (2016). *IBM SPSS Statistics for Windows, versión 24.0* [software].
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2011). *Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico*. Universidad Rafael Landívar.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2012). *Perfil Ambiental Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Universidad Rafael Landívar. <http://www.infoiarna.org.gt/publicacion/perfil-ambiental-de-guatemala-2010-2012-vulnerabilidad-local-y-creciente-construccion-de-riesgo/>
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2014). *Resultados del índice de adaptación al cambio climático (IACC) en las unidades territoriales de desarrollo comunitario (UTDC) en las regiones del altiplano occidental y norte del país (Petén y Alta Verapaz) donde se desarrollan programas de USAID/Guatemala*. Universidad Rafael Landívar.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2016). Índice de adaptación al cambio climático. Cuadro de resultados para cada Unidad Territorial de Desarrollo Comunitario (UTDC), segunda evaluación [archivo en Excel]. Universidad Rafael Landívar.
- Instituto Nacional de Estadística. (2018). *Boletín de Homicidios de Guatemala 2018*. <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2019/09/11/20190911215105QL4dMFKD-wxMZkfk1gTiHClmLsdYdyRgL.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Chapter 1. Point of departure and key concepts. En *IPCC sixth assessment report. Impacts, adaptation and vulnerability* (pp. 121-196). https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter01.pdf
- International Geosphere-Biosphere Programme. (2013). *2011 Climate Change Index*. <http://www.igbp.net/globalchange/climatechangeindex.4.56b5e28e137d-8d8c09380002241.html>

- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems. A primer*. Earthscan.
- Measham, T. G., Preston, B. L., Smith, T. F., Brooke, C., Gorddard, R., Withycombe, G. y Morrison, C. (2011). Adapting to climate change through local municipal planning: barriers and challenges. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 16, 889-909. <https://doi.org/10.1007/s11027-011-9301-2>
- Meyiwa, T., Maseti, T., Ngubane, S., Letsekha, T. y Rozani, C. (2014). Women in selected rural municipalities: resilience and agency against vulnerabilities to climate change. *Agenda*, 28(3), 102-114. <https://doi.org/10.1080/10130950.2014.955686>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2005). *Atlas temático de Guatemala* [disco compacto].
- Moser, S. C. y Ekstrom, J. A. (2010). A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *PNAS*, 107(51), 22026-22031. <https://doi.org/10.1073/pnas.100788710>
- Pasquini, L., Ziervogel, G., Cowling, R. M. y Shearing, C. (2015). What enables local governments to mainstream climate change adaptation? Lessons learned from two municipal case studies in the Western Cape, South Africa. *Climate and Development*, 7(1), 60-70. <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.886994>
- Robledo, C., Clot, N., Hammill, A. y Riché, B. (2012). The role of forest ecosystems in community-based coping strategies to climate hazards: three examples from rural areas in Africa. *Forest Policy and Economics*, 24, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.04.006>
- Seidl, R., Spies, T. A., Peterson, D. L., Stephens, S. L. y Hicke, J. A. (2016). Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 120-129. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12511>
- Sönke, K., Eckstein, D., Dorsch, L. y Fischer, L. (2016). *Global climate risk index 2016: who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2014 and 1995 to 2014* (J. Chapman-Rose, D. Kier y D. Baum, eds.). Germanwatch e. V. <https://www.germanwatch.org/sites/default/files/publication/13503.pdf>
- Sullivan, C. A. y Huntingford, C. (2009, 13-17 de julio). *Water resources, climate change and human vulnerability*. 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia. http://mssanz.org.au/modsim09/113/sullivan_ca.pdf

- The Nature Conservancy. (2015). *Conocimientos tradicionales para la adaptación al cambio climático en el altiplano occidental de Guatemala*. https://www.asocuch.com/wp-content/uploads/2020/06/Conocimientos-Tradicionales-Cambio-Climático_TNC.pdf
- Tibbetts, J. R. y van Proosdij, D. (2013). Development of a relative coastal vulnerability index in a macro-tidal environment for climate change adaptation. *J Coast Conserv*, 17, 775-797.
- Tittonell, P. (2014). Livelihood strategies, resilience and transformability in African agroecosystems. *Agricultural Systems*, 126, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.10.010>
- United Nations Development Programme. (2013). *Community based resilience assessment (CoBRA): conceptual framework and methodology*. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/CoBRRA_Conceptual_Framework.pdf
- Van Assche, K., Verschraegen, G., Valentinov, V. y Gruezmacher, M. (2019). The social, the ecological, and the adaptive. Von Bertalanffy's general system theory and the adaptive governance of social-ecological systems. *System Research and Behavioral Science*, 36(3), 308-321.
- XLSTAT. (2017). *XLSTAT by Lumivero [software]*. <https://www.xlstat.com/es/>

Apéndice

Descripción de los indicadores del IACC adaptado para comunidades rurales del norte y occidente de Guatemala

Criterios	Indicador	Unidad de medida	Descripción
Socioeconómicos	1.1 Condición de pobreza general (riqueza)/ingreso per cápita	sí/no	«Es la condición de pobreza general para cada individuo de cada uno de los hogares beneficiarios y no beneficiarios ubicados en la UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 34).
	1.2 Acceso a crédito	% de población que recibe	«Se refiere al porcentaje de los hogares que tienen acceso a crédito en la UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 38).
	1.3 Asistencia técnica	% de población	«Es el porcentaje de hogares que recibe asistencia técnica para sus procesos productivos, ya sea de instituciones públicas o privadas» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 39).
	1.4 Escolaridad	% de población	«Se refiere al promedio de años de escolaridad de personas adultas que tiene cada UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 44).
	1.5 Necesidades básicas insatisfechas (NBI): salud, educación, agua, saneamiento, infraestructura versus necesidades básicas insatisfechas (NBS) (valor invertido)	% de población	Este indicador revela el déficit social prevaleciente en el país y permite dimensionar, cuantificar y situar geográficamente los hogares guatemaltecos con necesidades básicas insatisfechas en cuanto a calidad y condiciones de vivienda, disponibilidad de agua y de servicios sanitarios, acceso a la educación y capacidad económica de los hogares. El dato a incluir en el índice de adaptación al cambio climático es el porcentaje de los hogares con por lo menos una necesidad básica insatisfecha. (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 50)
	1.6 Índice de electrificación	% de población	«Es el porcentaje de los hogares que tienen servicios de electricidad, ya sea que provenga de una red pública o privada» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 49).
	1.7 Diversidad de fuentes de ingreso económico	n.º de fuentes promedio por hogar	«Se refiere al número de fuentes de ingreso que un hogar posee para suplir sus necesidades» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 57).

Riqueza en el hogar

Socioeconómicos

Criterios	Indicador	Unidad de medida	Descripción
Socioeconómicos	2.1 Acceso a salud	médicos/ 1000 habitantes	«Mide el grado en que cada municipio tiene acceso a la salud en función de la cantidad de médicos que puedan existir por un número determinado de habitantes» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 40).
	2.2 Criminalidad	homicidios, asaltos/ 100 000 habitantes	«Se refiere al número de homicidios y asaltos que ocurren» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 48).
	2.3 Prevalencia de enfermedades (salud)	n.º de enfermos/1000 habitantes	«Se refiere a una relación del número de enfermos de diarrea y/o disentería amebiana y respiratorias por cada 1000 habitantes de cada municipio para un año determinado» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 51).
	2.4 Empoderamiento de la mujer	índice	«Mide el grado de empoderamiento de la mujer en la toma de decisiones a nivel del desarrollo del hogar» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 53).
	2.5 Nivel de participación en organizaciones prodesarrollo	% de población	«Es el porcentaje de los hogares que participa en una o más formas de organización social que busca el desarrollo comunitario» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 54).
Capacidad de respuesta municipal	3.1 Inversión municipal	%	«Se refiere a la relación del gasto social con respecto al gasto total de cada municipio» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 36).
	3.2 Gasto ambiental/adaptación	%	«Es la proporción que representa el gasto ambiental y de gestión de riesgos con respecto al gasto total de cada municipio» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 37).
	3.3 Gasto para la gestión del agua	Q	«Se refiere al porcentaje del valor de la inversión municipal que el municipio hace en materia de gasto para la gestión del agua» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 41).
	3.4 Conocimiento sobre adaptación	presencia, ausencia de planes de contingencia	«Evalúa el grado de conocimiento que cada municipio tiene sobre la problemática del cambio climático y la presencia de planes de contingencia» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 42).
	3.5 Plan de ordenamiento territorial explícito y en ejecución	presencia, ausencia de planes de ordenamiento territorial (POT) en ejecución	«Evalúa la existencia de POT y si estos se encuentran en ejecución» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 43).

Criterios	Indicador	Unidad de medida	Descripción
Territorio	4.1 Disponibilidad de agua	m ³ /año	«Es la disponibilidad neta de agua después de haber realizado el balance hídrico en cada municipio y referida con respecto a la superficie de la UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 33).
	4.2 Cobertura forestal	% del área	«Se refiere al porcentaje del área que se encuentra cubierto por bosques» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 35).
	4.3 Agricultores que aplican medidas de conservación de suelos	% de los agricultores	«Es el porcentaje de los agricultores que aplican medidas de conservación de suelos en sus áreas de producción agropecuaria» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 45).
	4.4 Áreas protegidas legalmente establecidas	% del territorio	«Se refiere al porcentaje del área de la UTDC bajo alguna categoría protegida» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 46).
	4.5 Conflictos de uso del suelo	% de sobreuso	«Se refiere al porcentaje de la UTDC que se encuentra sobreutilizada» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 47).
	4.6 Nivel de riesgo (nivel de amenazas)	n.º de amenazas	Se refiere al número de amenazas (o a la combinación de las mismas) asociadas al cambio climático que puedan ocurrir dentro de una UTDC. Las amenazas que el mapa elaborado por el Iarna toma en cuenta deslizamientos, inundaciones, sequías y heladas, así como las diferentes combinaciones de las anteriores (seguía + deslizamientos; sequías + inundaciones, etc.). (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 52)
	4.7 Diversidad actual y potencial de agrosistemas	índice	«Se refiere a un índice integrado a partir del número y tamaño de cada uno de los agrosistemas identificados en las UTDC» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 55).
	4.8 Densidad de ecosistemas naturales	% del territorio con bosques densos	«Se refiere al porcentaje de la UTDC que se encuentra cubierto por ecosistemas naturales densos. Se entiende como ecosistema denso, aquel que posee un área de bosque natural continuo o igual o mayor a 500 ha» (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014, p. 56).

Fuente: elaboración propia con base en datos del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2014).

Resiliencia y adaptación al cambio climático: estudio de caso en áreas urbanas de Guatemala

Resilience and adaptation to climate change: a case study in urban areas of Guatemala

Héctor Guinea,¹ Julio César Estrada² y Ottoniel Monterroso³

Resumen

Se presenta un estudio de caso sobre la capacidad de adaptación de las principales áreas urbanas de Guatemala, donde actualmente habita más del 50 % de la población total del país, con una proyección de hasta el 67 % para el 2030. Al considerar el cambio climático como un factor con un impacto relevante, se definió un indicador de resiliencia urbana que tiene como referencia

conceptual un sistema multidimensional donde los componentes sociales, económicos, físicos e institucionales interactúan con su entorno natural. El índice de resiliencia urbana fue definido, además, sobre la base de las tres «capacidades» de resiliencia de un sistema socioecológico: absorción, adaptación y transformación. Se estimó la capacidad de respuesta de las dieciocho

1 Universidad Rafael Landívar, Investigador del Iarna. PhD en Ciencias de La Tierra, Universidad de Uppsala Suecia; Maestría en Manejo de Recursos Marinos, NTOU Taiwán; Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala. Correo electrónico: heguinea@url.edu.gt. <https://orcid.org/0009-0001-7068-1310>

2 Universidad Rafael Landívar, gestor académico en la Dirección de Proyección Universitaria de la Vicerrectoría de Investigación y Proyección. Doctorando en educación para el desarrollo sostenible con especialidad en la sostenibilidad dentro del campus universitario. Arquitecto con maestría en planificación y gestión del desarrollo urbano y regional, con experiencia en la proyección universitaria y en metodologías participativas de planificación territorial. Correo electrónico: jcestradam@url.edu.gt. <https://orcid.org/0009-0004-2666-5155>

3 Universidad Rafael Landívar, director del Iarna al momento de la elaboración del artículo. Agrónomo y economista ambiental. Ha estudiado las interacciones economía-ambiente y ahora promueve soluciones basadas en naturaleza y de adaptación basada en ecosistemas. Trabaja en la UICN-Guatemala, fue Decano de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la URL. Coordinador nacional del proyecto de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Correo electrónico: adolfo.monterroso@iucn.org. <https://orcid.org/0009-0000-3693-791X>

áreas urbanas más grandes del sistema urbano de Guatemala y se encontró que presentan una capacidad de resiliencia media, posiblemente debido a las condiciones políticas y económicas que caracterizan a los principales centros urbanos del país. Estos hallazgos resaltan la importancia de fortalecer los indicadores institucionales para mejorar las capacidades de resiliencia en los sistemas urbanos y sus entornos.

Palabras clave: resiliencia, cambio climático, sistema socioecológico, áreas urbanas, capacidades de resiliencia

Abstract

This paper presents a case study on the adaptive capacity of Guatemala's main urban areas, which currently account for up to 50% of the population and are projected to reach 67% by 2030. Taking climate change into consideration as a factor with significant negative impacts, an urban resilience indicator was defined based on a conceptual framework of a multidimensional system where social, economic, physical, and institutional components interact with the natural environment. The urban resilience index was defined based on three resilience "capacities" of a socioecological system: absorption, adaptation, and transformation. The responsiveness capacity of the eighteen largest urban areas in the urban system of Guatemala was estimated, finding that they have a medium resilience capacity, possibly due to the political and economic conditions of the country's main urban centers. These findings emphasize the importance of strengthening institutional capacities to

enhance resilience in urban systems and their environments.

Keywords: resilience, climate change, socio-ecological system, urban areas, resilience capacities

1. Introducción

«Resiliencia» es un término relativamente nuevo en el campo ambiental. Inicialmente utilizado en disciplinas como la ingeniería, la ecología y la psicología (Mitchell, 2013), denota la capacidad de un individuo, organismo o sistema a resistir y recuperarse ante el impacto de estresores externos. En el campo ambiental, puede entenderse como la habilidad que tiene un sistema para responder ante estresores o perturbaciones ambientales (Walker et al., 2004). Recientemente, el concepto de resiliencia ha adquirido relevancia al analizar estrategias de adaptación al cambio climático, el cual se considera un estresor externo importante con potencial de impactar significativamente a las poblaciones humanas. El cambio climático es un fenómeno que supone retos para las áreas rurales y urbanas: mientras que en las primeras los impactos están relacionados con los elementos de paisajes naturales, en las segundas los impactos tienen relevancia debido a que las ciudades albergan a más de la mitad de la población mundial y sus bienes materiales (Field et al., 2014). El cambio climático podría multiplicar las amenazas en los centros urbanos, dada la concentración de población y su consecuente demanda de recursos naturales (Fritzsche et al., 2016).

Este artículo presenta un estudio de caso que analiza la capacidad de adaptación de

las áreas urbanas de Guatemala, como un indicador de la resiliencia de los núcleos urbanos, considerando que el cambio climático es un factor externo capaz de impactar de manera significativa dichas zonas. El análisis se realiza siguiendo la línea de pensamiento que conceptualiza el ambiente —incluido el ambiente urbano— como un sistema multidimensional, donde los aspectos sociales, económicos, físicos e institucionales (dimensión *societal*) interactúan con el entorno natural (dimensión *ecológica*). La medición, monitoreo y construcción de resiliencia de los sistemas urbanos es un elemento importante en la toma e implementación de decisiones relacionadas con la planificación y gestión del territorio. En Guatemala, la adaptación al cambio climático es un factor que ha estado considerado en el Sistema Nacional de Planificación, visto este como un enfoque estratégico en las distintas categorías de planificación sectorial, institucional y territorial (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia [Segeplán], 2016). Los resultados que se muestran en este artículo tienen, por tanto, implicaciones directas en la planificación y gestión del desarrollo a nivel nacional.

La primera parte compila las bases teóricas sobre los aspectos generales de adaptación y resiliencia de las ciudades al cambio climático, entendiéndolas como sistemas socioecológicos. En la segunda parte se analizan los aspectos relacionados con la resiliencia ambiental de los principales centros urbanos de Guatemala, utilizando indicadores de proximidad y tomando en cuenta las condiciones y capacidades de los sistemas para absorber, adaptarse y transformarse ante los distintos estresores

ambientales, conocidos y desconocidos. Aunque el caso hace énfasis en las ciudades, también se analizan los vínculos de las áreas urbanas con las áreas rurales, dada la importancia de los flujos de materiales (como alimentos o materias primas) y servicios ecosistémicos (por ejemplo: recreación, agua) que existen entre ambos. La mirada, por tanto, es territorial con énfasis en áreas urbanas.

2. Bases teórico-conceptuales

2.1 Cambio climático en contextos urbanos

Los asentamientos humanos pueden estar ubicados en áreas rurales o urbanas. Mientras que los primeros se encuentran en un ambiente natural menos perturbado, los segundos son sistemas donde el ser humano ha modificado las condiciones originales hasta convertir dichas zonas en sistemas donde la infraestructura física domina el paisaje. Las ciudades son sistemas dinámicos en los que existe un complejo flujo de interacciones entre los aspectos ambientales, físicos, sociales, económicos y políticos. En el 2008, las poblaciones urbanas se convirtieron en mayoría por primera vez en la historia de la humanidad y dicha proporción continúa en aumento (Field *et al.*, 2014). El mundo es cada vez más urbano; a nivel mundial, se calcula que para el 2050, la población urbana mundial será de 6300 millones de habitantes, casi el doble de los 3500 millones que había en el 2010. Se estima que gran parte de este crecimiento sucederá en ciudades pequeñas y medianas (Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica, 2012).

El crecimiento de la población urbana en la última década ha causado una importante transformación antropogénica de los biomas terrestres.⁴ Aunque la población urbana cubre solamente el 0.51 % del total del área terrestre, su incremento ha implicado la disminución de las áreas naturales y seminaturales, principalmente debido a la transformación de zonas silvestres en agrícolas y ganaderas para satisfacer la demanda de alimentos y materiales de las ciudades (Field et al., 2014). A inicios del siglo XXI, las ciudades también demandaron energía, que se supliría con biomasa (como biogasolina, biodiésel y biogás), así como por sistemas renovables (eólico, solar, hídrico); ambas situaciones con potencial de modificar el paisaje rural y natural (Abdullah et al., 2007; Pin Koh, 2007).

De acuerdo con la Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica (2012), a nivel global existen cinco tendencias principales del proceso de urbanización que tienen consecuencias sobre el ambiente: a) la superficie urbana total se triplicará entre el 2000 al 2030, mientras que la población urbana se duplicará, creciendo de 2840 a 4900 millones de habitantes; b) la expansión urbana supondrá una presión sobre los recursos naturales a escala mundial, principalmente sobre el agua y las tierras agrícolas; c) las mayores expansiones urbanas se darán en áreas de baja capacidad económica, limitando la gestión ambiental; d) la expansión urbana será rápida y hacia regiones de alta diversidad biológica (*hotspots*), y más rápi-

da en zonas poco elevadas con respecto a otras zonas; y e) la urbanización será mayor en regiones donde existe poca capacidad de formular e implementar políticas relacionadas con la gobernanza urbana.

Aunque el cambio climático tiene impactos a nivel general sobre áreas urbanas y rurales, las primeras tienen características especiales debido a la densidad de los elementos antropogénicos. Por ejemplo, las riberas de los ríos y valles aluviales pueden ser utilizados para fines urbanos o para la agricultura; ambos usos pueden modificar las características del cauce y sus elementos relacionados, pero un comportamiento natural de crecidas de los ríos puede afectarlos de manera diferenciada. En efecto, mientras que una inundación puede causar un daño menor en términos económicos y humanos a un área agrícola, en áreas urbanas la misma inundación puede ocasionar perjuicios mayores, dados el grado de exposición humana y el nivel de alteración del territorio.

En el *Quinto Informe de Evaluación (AR5)* del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas (Field et al., 2014), se destaca la importancia de analizar la adaptación al cambio climático en áreas urbanas debido a tres aspectos clave: a) las áreas urbanas concentran a más de la mitad de la población mundial; b) las áreas urbanas concentran a la mayoría de bienes y actividades económicas; y c) las políticas urbanas tienen grandes implicaciones para la mitiga-

⁴ Biomas terrestres se refiere a las grandes extensiones terrestres fácilmente distinguibles por atributos particulares como clima, flora y fauna, entre las que están las sabanas, los desiertos, las selvas tropicales, las tundras, entre otras.

ción del cambio climático, especialmente por los futuros niveles de emisión de gases de efecto invernadero. A nivel mundial, estudios tales como el de Rosenzweig *et al.* (2011) y Toshiaki *et al.* (1999) han advertido sobre las amenazas a las poblaciones urbanas de un clima cambiante. Es así como la ocurrencia de tormentas, sequías prolongadas, cambios en las temperaturas extremas, entre otros fenómenos, afectaría aspectos tan diversos que van desde impactos en la generación eléctrica hasta asuntos relacionados con el transporte y la salud humana. Más de la mitad de la población guatemalteca vive en áreas urbanas y se estima que para el 2030, cerca del 67 % de dicha población habitará en áreas urbanas (Instituto Nacional de Estadística [INE], 1997). A la fecha, han ocurrido diversos eventos naturales extremos a partir de los cuales se podrían inferir los posibles impactos del cambio climático en las áreas urbanas del país.

El estudio de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) *et al.* (2018), por ejemplo, sugiere que, en el corto plazo, el cambio climático tiene el potencial de incrementar el número y magnitud de eventos hidrometeorológicos extremos (lluvias o sequías extremas), aumentando el riesgo a desastres e impactando sectores económicos vitales como la agricultura o la generación hidroeléctrica —lo que, a su vez, afectaría el abastecimiento de alimentos y energía en las áreas urbanas—. La tabla 1 muestra algunas amenazas e impactos de fenómenos climáticos que pueden sufrir los núcleos urbanos, con ejemplos recientes para Guatemala.

El incremento de la frecuencia e intensidad de fenómenos hidroclimáticos extremos, como huracanes, puede resultar en un aumento del riesgo a desastres en algunas ciudades que ya muestran altos grados de vulnerabilidad. Eventos como el huracán Mitch (en 1998), la tormenta Agatha (2010) y la depresión tropical Stan (2005) mostraron la alta vulnerabilidad del país ante estos fenómenos, pues causaron 384, 174 y 1513 muertes, respectivamente, además de daños valorados en 2380 millones de dólares estadounidenses por pérdidas económicas en infraestructura y sectores productivos (Guinea y Swain, 2014). El derrumbe del Cambray en el 2015 evidenció una alta vulnerabilidad que no fue provocada precisamente por un evento extremo, pero con consecuencias fatales en el núcleo urbano.

Un estudio del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2011) sobre las posibles modificaciones en los ecosistemas del país encontró que para el 2050, más de la mitad del territorio guatemalteco habrá cambiado sus condiciones bioclimáticas, proyectando una expansión de zonas secas y muy secas en el país, en detrimento de los bosques húmedos y pluviales. De darse estas condiciones, no solo se impactaría la diversidad y riqueza de los sistemas, sino también la disponibilidad hídrica y de bienes naturales que consumen las ciudades, pues una demanda creciente de agua contrastaría con una disminución de la oferta hídrica. De igual forma, la agricultura no solo se vería afectada por cambios en las condiciones atmosféricas, principalmente en el ciclo de lluvias, sino también por la disminución de la riqueza genética, especialmente de variedades agrícolas nativas. Otros cultivos im-

Tabla 1

Amenazas e impactos de fenómenos climáticos en ciudades de Guatemala

Amenazas	Principales impactos	Ejemplos
fuertes precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> derrumbes inundaciones daños a la infraestructura, principalmente vial 	<ul style="list-style-type: none"> huracán Mitch en Centroamérica en 1998 tormenta Stan en 2005 tormenta Agatha en 2010
olas de calor y períodos cálidos prolongados	<ul style="list-style-type: none"> incremento de vectores de enfermedades (como los zancudos), propios de áreas bajas islas de calor con varios grados de temperatura superior a la de áreas con cobertura natural incremento del gasto energético en los sistemas de enfriamiento a nivel domiciliar 	<ul style="list-style-type: none"> proliferación del dengue en Centroamérica en 2013 (Meléndez, 2013) sequías en Chiquimula (Morales, 2018)
sequías	<ul style="list-style-type: none"> disminución de la capacidad de abastecimiento de agua en embalses y manto freático incremento de los precios de la electricidad cuando proviene de centrales hidroeléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> disminución de la capacidad de generación hidroeléctrica en Guatemala en 2014 (Bolaños, 2014) incremento de la tarifa eléctrica en Guatemala en 2018 (Bolaños, 2019)
heladas	<ul style="list-style-type: none"> problemas broncorrespiratorios en la población vulnerable, como niñez y personas de la tercera edad muerte por hipotermia 	<ul style="list-style-type: none"> enfermedades broncorrespiratorias en Quetzaltenango en época de frío (Longo, 2019) muerte de personas por hipotermia en Tonicapán en 2014 (Domínguez, 2018)

Fuente: elaboración propia.

portantes por su alto consumo local —como café, maíz, frijol y arroz— podrían verse afectados en el mediano y largo plazo por el cambio climático (Cepal et al., 2018).

Guatemala tiene un bajo nivel de preparación para hacer frente a los impactos de un clima cambiante. Por ejemplo, el Banco Mundial realizó un estudio en el 2017 sobre el desempeño de la gestión de riesgos a nivel municipal en Guatemala, a través del cual se encontró que el 22 % de los municipios se clasificaba dentro de un «nivel me-

dio» de gestión, 64 % en «nivel medio bajo» y el 13 % en «nivel bajo». Dicho estudio concluyó que el 14 % de los municipios contaba con inventarios históricos de desastres; uno de cada tres municipios realizaba algún tipo de monitoreo de desastres y el 17 % contaba con algún tipo de programa para la reducción de la vulnerabilidad (World Bank, 2017).

2.2 Resiliencia y adaptación en el contexto del cambio climático

Tomando en cuenta que aun en los escenarios más optimistas se pueden esperar

cambios de clima en la región centroamericana (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2011), cabe preguntarse, entonces: ¿cómo se adaptan las ciudades al cambio climático? y ¿cuáles son las acciones que deben ponerse en marcha para una mejor adaptación? El supuesto principal de este capítulo radica en reconocer que la adaptación al cambio climático requiere de la construcción de sistemas socioecológicos *resilientes*.

El concepto de resiliencia varía ligeramente en su uso y significado en diversas disciplinas del conocimiento. En el estricto sentido semántico, la Real Academia Española (RAE) la define como la «capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido» (RAE, s. f.). La resiliencia es teorizada como un atributo o propiedad, no un estado del sistema; es un atributo propio de los distintos niveles o escalas del sistema, sea este a nivel individual y comunitario o a nivel de país o región (Béné et al., 2012; Walker et al., 2004). El Centro de Resiliencia de Estocolmo define resiliencia como «la capacidad de un sistema, trátase de un bosque, una ciudad o una economía, para manejar los cambios y seguir desarrollándose» (Stockholm Resilience Centre, s. f.).

La resiliencia no solo tiene que ver con la capacidad de resistir los *shocks* o impactos negativos, sino que también con poder adaptarse y transformarse; por lo tanto, toma en cuenta la incertidumbre y el cambio como variables del sistema (Walker et al., 2004). En el campo ambiental existen estudios que exploran la resiliencia de los sistemas

naturales utilizando metodologías diversas (Fischer et al., 2006; Folke et al., 2014; Levin y Lubchenco, 2008); sin embargo, desde la perspectiva del cambio climático, Brossmann et al. (2014) sugieren enmarcarla en un contexto socioecológico. Desde esta perspectiva y tomando en cuenta la definición de resiliencia como una habilidad para manejar los cambios y continuar el desarrollo, Brossmann et al. (2014) sugieren tres capacidades que definen la cualidad de la resiliencia de un sistema socioecológico: absorción, adaptación y transformación.

La *capacidad de absorción* es la que tiene un sistema para prepararse y mitigar los impactos de un estresor sin cambiar fundamentalmente las características básicas del sistema. Esto quiere decir que, ante un *shock* externo, el sistema no modifica su estructura ni sus procesos. Como ejemplo de la capacidad de absorción, considérese una situación donde se presenta una crecida de río o inundaciones. Algunas ciudades podrían enfrentar esta situación implementando medidas no estructurales, tales como programas de educación y sistemas de alerta temprana, para preparar a la población en torno a cómo reaccionar ante el problema. En este caso, la población no modifica su modo de vida, las características del entorno natural o su infraestructura física.

La *capacidad de adaptación* es la que utiliza un sistema para ajustar sus características ante un estresor o perturbación climática, fundamentalmente modificando procesos, pero conservando su estructura. Si se toma como base el ejemplo anterior, donde una crecida de río o inundación es un estresor externo, la capacidad de adaptación puede

explicarse de la forma siguiente. Algunas ciudades optan por medidas estructurales para afrontar inundaciones (tales como dragado y revestimiento de cauces, diques de contención y otras medidas similares), con el fin de proteger la infraestructura física y productiva; también es común que ciertos núcleos urbanos implementen el levantamiento de pilotes en las viviendas para protegerlas del impacto de inundaciones recurrentes. Estas medidas permiten la adaptación a la ocurrencia continua de dichos eventos, donde la comunidad se adecúa y aprende, aceptándolos como parte del funcionamiento del sistema.

La *capacidad de transformación* se entiende como los elementos de los cuales dispone un sistema para modificar su estructura y los procesos mismos, ante estresores que resulten en condiciones insostenibles para el sistema. Las capacidades de transformación pueden dividirse, a su vez, en dos componentes relacionados con aspectos intrínsecos a la sociedad: el *empoderamiento* y la *capacidad de respuesta*, que son elementos efectivos para enfrentar los efectos adversos del cambio climático (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2014).

La *capacidad de respuesta* se refiere, entonces, a las condiciones e instrumentos de un sistema para poder cambiar su estructura como respuesta ante estresores. El *empoderamiento* es el grado de participación de la sociedad en la toma e implementación de decisiones relacionadas con cambios en el sistema, con tal de enfrentar los estresores climáticos. A partir del ejemplo anterior de una crecida o inundación como estresor externo, la capacidad de transformación pue-

de adquirir las siguientes características: existen comunidades que no pueden absorber ni adaptarse a la ocurrencia de inundaciones, de tal modo que la única respuesta ante dicho estresor ambiental es la reubicación de viviendas y sistemas productivos. Aunque no es común que una comunidad completa se traslade ante inundaciones (ya que, por la recurrencia de estas, las comunidades están más familiarizadas con el riesgo y más adaptadas a vivir con el mismo), sí es común que familias individuales decidan reubicar su vivienda en áreas menos expuestas. En síntesis, el tipo de reacción del sistema define el grado o intensidad de cambio en el mismo, siendo la capacidad de absorción el grado más bajo de cambio y la capacidad de transformación el más alto.

Es necesario indicar que, en el ámbito ambiental, los conceptos de resiliencia y vulnerabilidad podrían estar relacionados, pero denotan dos definiciones distintas. El recuadro 1 analiza las diferencias entre ambos conceptos.

De acuerdo con Béné *et al.* (2012), el uso del concepto de resiliencia puede contribuir a enmarcar la problemática ambiental dentro de un enfoque sistémico, el cual facilita mostrar que una gran cantidad de procesos y dinámicas que afectan a las personas y sus entornos se producen en diferentes escalas espaciales, de local a global, al mismo tiempo que se reconoce que la resiliencia del ámbito social depende de las condiciones del medio natural. La resiliencia de una comunidad o territorio estará vinculada con las condiciones del ambiente y sus recursos naturales (Cutter *et al.*, 2008). Por ello, el análisis del impacto del cambio climático y la resiliencia de las ciudades no puede

Recuadro 1

Diferencia entre resiliencia y vulnerabilidad

En el ámbito ambiental (especialmente en lo relativo a la gestión de riesgos), resiliencia y vulnerabilidad son términos relacionados, muchas veces conceptualizados como polos opuestos del mismo elemento. La *vulnerabilidad* es útil para describir el grado de riesgo de ciertos elementos del sistema; por ejemplo, en el ámbito de la gestión de riesgos es común describir la vulnerabilidad física, la social, la económica, entre otras. La *resiliencia*, aunque también es un concepto multidimensional, se emplea para describir la capacidad de todo el sistema para responder ante estresores conocidos y desconocidos.

La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) brinda las siguientes definiciones:

- vulnerabilidad: características y circunstancias de una comunidad, sistema o bien, que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza;
- resiliencia: capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

La resiliencia y la vulnerabilidad pueden entenderse como conceptos distintos, pero superpuestos con una correlación negativa (generalmente) y, aunque se esperaría que un sistema con alta resiliencia presente una baja vulnerabilidad, puede no ser siempre el caso; en la práctica, la evaluación de la vulnerabilidad puede vincularse, en parte, a la evaluación de la resiliencia (Fritzsche *et al.*, 2016).

Fuente: elaboración propia.

aislarse del contexto rural, debido a la interacción de los centros urbanos con áreas periurbanas y rurales.

Las áreas urbanas compiten directamente por territorio con las áreas agrícolas y naturales, de las cuales dependen para proveerse de bienes y servicios ecosistémicos. A su vez, las ciudades abastecen a las áreas rurales de servicios y bienes, tales como salud, educación e infraestructura. Existen, por tanto, vínculos estrechos que hacen de las ciudades y las áreas rurales sistemas interrelacionados e interdependientes.

Las capacidades de resiliencia de los sistemas no son estáticas, ya que pueden empeorar o mejorar de acuerdo con el desarrollo de las circunstancias. Es por ello que la resiliencia se puede «construir» a partir de la planificación e implementación de medidas encaminadas a fortalecer cada una de las características deseadas de los sistemas

resilientes. La planificación de la adaptación al cambio climático debe buscar reducir la vulnerabilidad urbana, siendo ejemplo de ello, entre otras, la ejecución de un plan de ordenamiento territorial en función de la prevención de desastres. La planificación debe tomar en cuenta también el impacto y la relación de las ciudades con los territorios rurales, por ejemplo, para suplir alimentos, materia prima y servicios ecosistémicos (Rodríguez, 2018; McManus *et al.*, 2012; Barthel e Isendahl, 2013). Es necesario, por tanto, que la planificación del desarrollo y de la construcción de resiliencia tenga un enfoque socioecológico e integral (Paton y Johnston, 2017).

3. Aspectos metodológicos básicos

La resiliencia de un sistema socioecológico es un atributo que contribuye a la adaptación al cambio climático. Desde un punto de vis-

ta práctico, cabe preguntar: ¿cómo se mide la resiliencia de un sistema socioecológico? Es decir, ¿cómo se miden las condiciones y capacidades de un sistema socioecológico para resistir y sobreponerse a los estresores ambientales (conocidos y desconocidos) producto de cambios en el sistema climático global?

En la sección anterior, se indicó que un sistema resiliente cuenta con tres capacidades fundamentales: absorción, adaptación y transformación. Brossmann *et al.* (2014) indican que, además, estas tres capacidades pueden analizarse desde los ámbitos de un sistema socioecológico, siendo estos el social, el ambiental, el económico, el físico y el institucional.⁵ El presente caso de estudio, por tanto, utiliza indicadores cruzados de las tres capacidades y los cinco ámbitos de los sistemas socioecológicos, tal como se muestra en la tabla 2. La propuesta de indicadores se basó en una revisión de literatura científica, siendo las principales fuentes consultadas los estudios de Brossmann *et al.* (2014), Walker *et al.* (2004) y Béné *et al.* (2012).

Al evaluar y monitorear la resiliencia de un sistema socioecológico, se puede inferir sobre sus capacidades y grado de preparación para enfrentar una gama amplia de estresores conocidos o desconocidos. Por lo tanto, el índice de resiliencia que se estima con base en los indicadores de la tabla 2 mide las condiciones generales del sistema sin hacer referencia a eventos específicos. El

índice de resiliencia indica, además, el grado de preparación del sistema socioecológico para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse a eventos previsible o imprevisibles.

Para el estudio de la resiliencia urbana de Guatemala, se partió de la definición y clasificación de área urbana propuesta por Segeplán (2018), donde se le define como un «espacio físico con alta densidad poblacional caracterizada por alta concentración de vivienda, comercio, industria, servicios, edificios institucionales y gubernamentales, espacios públicos, interconectados por vías de transporte y redes de comunicación» (p. 84). El recuadro 2 señala las diferencias entre «área» y «aglomeración metropolitana».

Segeplán establece una jerarquización de lugares poblados de acuerdo con los siguientes criterios: a) área metropolitana, más de un millón de habitantes; b) ciudades intermedias y ciudades intermedias emergentes, de 50 000 a 999 999 habitantes; c) ciudades mayores, de 30 000 a 49 999 habitantes; y d) lugares poblados mayores, de 5000 a 9999 habitantes (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural [Conadur] y Segeplán, 2014).

De acuerdo con la jerarquización anterior de lugares poblados, el área metropolitana de la ciudad de Guatemala es el centro urbano más grande en términos demográficos y económicos del país, con 2.9 millones de habitantes al 2013 (tabla 3). Las ciudades emergentes, por su parte, son definidas en el Sistema Urbano Nacional como: «centros

5 En este caso, al enfoque socioecológico se le adiciona la dimensión física, la cual comprende aspectos como vivienda, infraestructura de transporte, telecomunicaciones, entre otros. Esta dimensión es particularmente relevante cuando se trata de riesgo a desastres, pues una infraestructura deficiente puede multiplicar los efectos adversos de tales desastres.

Tabla 2

Selección matricial de indicadores con base en las capacidades de resiliencia y los ámbitos del sistema socioecológico

		Capacidades			
		Absorción	Adaptación	Transformación	
				Capacidad de respuesta	Empoderamiento
Dimensiones	Social	desigualdad	índice de desarrollo humano	índice de avance educativo	participación ciudadana
		población en dependencia	acceso a sistemas de salud		
	Ecológica	eventos naturales	disposición y tratamiento de aguas residuales	calidad del servicio público de agua potable	acciones para la gestión ordenada del territorio
		deforestación			
	Económica	pobreza rural	crecimiento económico	presupuesto de egresos relacionado a competencias municipales que responden a prioridades nacionales de desarrollo	autonomía financiera municipal
	Física	acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento	condiciones de vida-vivienda	densidad de carreteras	acceso a electricidad
		cobertura del servicio público de agua potable			
	Institucional	gestión de riesgos en la formulación de proyectos derivados de la planificación operativa anual	gestión de servicios municipales	institucionalización de la gestión ordenada del territorio	información pública de oficio actualizada y disponible en todo momento, a través de la Ley de Accesos a la Información Pública (LAIP) y uso de internet
			gestión y manejo de residuos sólidos		información presupuestaria y otra información brindada a la ciudadanía disponible en medios locales de comunicación

Fuente: elaboración propia con base en datos de Brossmann *et al.* (2014), Walker *et al.* (2004) y Béné *et al.* (2012).

o núcleos con cierto grado de especialización de servicios y con áreas o zonas de influencia más reducidas con respecto a las del área metropolitana» (Conadur y Segeplán, 2014, p. 123).

El mismo documento explica más adelante que, debido a su escala, normalmente estas son más homogéneas en cuanto a diversidad étnica o cultural.

El presente ejercicio generó indicadores para las dieciocho áreas urbanas más grandes (en términos demográficos) de Guatemala, que corresponden a las áreas metropolitanas, ciudades intermedias y ciudades intermedias emergentes, según la categorización del Sistema Urbano Nacional antes descrito. La información utilizada para el estudio proviene de dos fuentes: *Ranking 2016 de la Gestión Municipal* (Segeplán, 2017) y el índice de gestión del riesgo de Guatemala, elaborado por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred) (2017). Las variables utilizadas se estimaron para el 2016 en el caso del *ranking* y el periodo 2015-2017 para los datos del índice.

A excepción del dato de población, la información de los indicadores se refiere al municipio, incluyendo sus áreas urbanas y rurales. Se considera que la información es pertinente para el monitoreo y evaluación de la resiliencia urbana, debido a que el valor del indicador estará influenciado por el ámbito societal del área urbana; por ejemplo, la respuesta institucional pesará más mientras más población urbana tenga el municipio. De igual forma, el indicador a nivel municipal permite considerar las interacciones entre el área rural con la urbana. El apéndice

Recuadro 2

Diferencia entre área metropolitana y aglomeración metropolitana

Área metropolitana es el espacio urbano compuesto por varias ciudades que están integradas y conectadas, social, económica y físicamente (conurbadas). Su estructura espacial se caracteriza por ser una ciudad central con actividades económicas de gran escala y una serie de ciudades que cumplen la función de ciudad dormitorio y de servicios complementarios alrededor de la ciudad central.

Agglomeración urbana es el conjunto de ciudades con áreas periféricas importantes que no están conurbadas pero que, en su conjunto, conforman una estructura funcional económica, social y cultural. En el caso de Guatemala, corresponde a las ciudades intermedias.

Fuente: tomado de Segeplán (2016).

A presenta el resumen de los indicadores y la fuente de información.

Con la información disponible se asignaron valores para cada indicador, con rangos entre 0 a 1 (ver apéndices B a F). La información de los indicadores fue validada en un taller con personal técnico de Segeplán e investigadores de la URL. Para cada una de las capacidades de la resiliencia (absorción, adaptación y transformación) se estimó la media aritmética con los valores de los indicadores que la componen; a su vez, se promediaron las tres capacidades para dar como resultado un índice de resiliencia urbana para cada municipio y las dieciocho áreas urbanas estudiadas. Los resultados de este índice se analizan según tres categorías: baja capacidad de resiliencia (valor del índice por debajo de 0.33), mediana capacidad de resiliencia (valores entre 0.34 y 0.66) y alta capacidad de resiliencia (valor mayor a 0.67).

4. Hallazgos sobre la resiliencia en las áreas urbanas de Guatemala

La tabla 3 presenta un resumen de las principales características de las áreas urbanas en Guatemala según el Sistema Urbano Nacional propuesto por Conadur y Segeplán (2014).

La tabla 4 muestra los valores de los indicadores que componen el índice de resiliencia urbana para las dieciocho áreas urbanas más importantes del país. El promedio nacional de resiliencia es de 0.612, lo que corresponde a una categoría de *resiliencia media*. Sin embargo, el índice fluctúa entre los valores de 0.35 a 0.73, siendo la conurbación de San Marcos-San Pedro Sacatepéquez la que tiene el índice más alto (0.73) y la ciudad de Chiquimula el

valor más bajo (0.35). El área metropolitana de Guatemala (la conurbación de la ciudad de Guatemala), con una población cercana a los tres millones de habitantes, es el área urbana más grande de Centroamérica y posee un índice de 0.635 (*resiliencia media*). Sin embargo, los municipios que la integran presentan disparidades en las ponderaciones del índice, con municipios con valores altos como Santa Catarina Pinula (0.82) y Villa Nueva (0.72), y otros con valores medios, como San Pedro Ayampuc (0.54) y Chinautla (0.56) (ver apéndice B).

De las ciudades intermedias, el núcleo urbano de San Marcos-San Pedro Sacatepéquez es el único que se ubica en la categoría de *resiliencia alta*, con 0.732 puntos. El resto de las áreas urbanas de esta categoría obtuvo valores de *resiliencia media*.

Tabla 3

Principales indicadores de las áreas metropolitanas, ciudades intermedias y ciudades intermedias emergentes

Indicador	Área urbana metropolitana	Ciudades intermedias	Ciudades intermedias emergentes
población	2 969 995	1 195 392	424 648
número de municipios	14	29	8
área geográfica total	1870 km ²	8270 km ²	6714 km ²
área geográfica urbana*	382.60 km ²	no estimado	no estimado
principales características	servicios especializados, centros comerciales, zonas manufactureras, centro cívico administrativo del país	centros de residencia, con servicios regionales de apoyo a la producción, el comercio, la administración y la industria	centros de residencia, con servicios regionales de apoyo a la producción, el comercio, la administración y la industria

* *Nota.* El dato del área metropolitana proviene del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente y The Nature Conservancy (2013). Fuente: elaboración propia con base en Conadur y Segeplán (2014).

Por ejemplo, de las ciudades que sobrepasan los cien mil habitantes, el índice de resiliencia urbana es de 0.604 en la conurbación de Quetzaltenango (309 000 habitantes); 0.625 en la de Antigua Guatemala (156 000 habitantes); 0.567 en la de Chimaltenango-El Tejar (135 000 habitantes); y 0.522 en la ciudad de Escuintla (128 000 habitantes).

De las ciudades intermedias emergentes, la conurbación Flores-San Benito muestra el índice de resiliencia más alto con 0.658, mientras que el valor más bajo lo presenta la ciudad de Chiquimula (0.353). Todas las ciudades intermedias emergentes se ubican en la categoría de *resiliencia media*.

Tabla 4

Índice de resiliencia urbana para las 18 ciudades más grandes de Guatemala en términos demográficos

Área urbana	Absorción	Adaptación	Transformación		Índice de resiliencia urbana
			Empoderamiento	Respuesta	
Metropolitana	0.885	0.674	0.396	0.470	0.635
Metropolitana	0.885	0.674	0.396	0.470	0.635
Intermedia	0.884	0.656	0.355	0.429	0.613
Antigua Guatemala	0.884	0.662	0.370	0.466	0.625
Chimaltenango-Tejar	0.880	0.621	0.279	0.338	0.567
Cobán-Carchá	0.888	0.704	0.464	0.447	0.656
Escuintla	0.875	0.575	0.174	0.299	0.522
Huehuetenango-Chiantla	0.888	0.699	0.452	0.453	0.653
Puerto Barrios	0.883	0.655	0.355	0.437	0.614
Quetzaltenango	0.883	0.648	0.338	0.415	0.604
Retalhuleu-San Sebastián	0.876	0.581	0.189	0.337	0.534
San Marcos-San Pedro Sacatepéquez	0.894	0.755	0.577	0.625	0.732
Santa Lucía Cotzumalguapa	0.877	0.594	0.218	0.302	0.538
Emergente	0.842	0.609	0.305	0.371	0.565
Chichicastenango	0.881	0.633	0.305	0.317	0.573
Chiquimula	0.557	0.376	0.158	0.231	0.353
Coatepeque	0.881	0.626	0.289	0.369	0.577
Flores-San Benito	0.888	0.703	0.462	0.460	0.658
Jalapa	0.881	0.629	0.295	0.389	0.583
Mazatenango	0.878	0.604	0.240	0.351	0.556
Totonicapán	0.878	0.600	0.232	0.393	0.561
Total general	0.877	0.653	0.359	0.431	0.612

Fuente: elaboración propia con base en Segeplán (2017) y Conred (2017).

La tabla 4 muestra que la capacidad de absorción obtuvo la calificación más alta a nivel nacional, con 0.877 puntos, seguida de la capacidad de adaptación con 0.653 puntos. Ambas categorías de la capacidad de transformación tienen valores bajos: 0.359 para el empoderamiento y 0.431 para la capacidad de respuesta. Con excepción de la conurbación de San Pedro Sacatepéquez-San Marcos, los niveles de transformación y capacidad de respuesta de todos los núcleos urbanos del país no alcanzan los 0.50 puntos.

La tabla 5 presenta una perspectiva distinta de la información, mostrando los valores cruzados entre los ámbitos del sistema socioecológico y las tres capacidades que componen la resiliencia. Se observa que la dimensión física en todos los núcleos urbanos presenta los valores más altos, sobre todo en las ciudades más grandes, probablemente porque la densidad de carreteras, acceso a electricidad y la cobertura del agua potable y el saneamiento tienen un mayor impulso en las áreas más urbanizadas.

Tabla 5

Índice de resiliencia urbana de Guatemala según los ámbitos del sistema socioecológico

Área urbana y ámbito socioecológico	Absorción	Adaptación	Transformación		Índice de resiliencia urbana
			Empoderamiento	Respuesta	
Metropolitana	0.885	0.674	0.396	0.470	0.635
ecológico	0.972	0.275	0.275	0.275	0.554
económico	0.972	0.972	0.275	0.275	0.624
físico	0.972	0.972	0.997	0.972	0.977
institucional	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275
social	0.972	0.972	0.275	0.550	0.786
Intermedia	0.884	0.656	0.355	0.429	0.613
ecológico	0.977	0.227	0.227	0.227	0.527
económico	0.977	0.977	0.227	0.227	0.602
físico	0.977	0.977	0.998	0.977	0.981
institucional	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227
social	0.977	0.977	0.227	0.488	0.771
Emergente	0.842	0.609	0.305	0.371	0.565
ecológico	0.918	0.168	0.168	0.168	0.468
económico	0.963	0.949	0.204	0.185	0.575
físico	0.969	0.931	0.873	0.916	0.932
institucional	0.168	0.168	0.210	0.175	0.183
social	0.914	0.941	0.168	0.414	0.715
Total general	0.877	0.653	0.359	0.431	0.612

Fuente: elaboración propia con base en Segeplán (2017) y Conred (2017).

Los indicadores de las dimensiones sociales y económicas tienen un desempeño mixto, es decir, presentan niveles altos en cuanto a las capacidades de absorción y adaptación, pero bajos con relación a la capacidad de transformación. Esto se observa principalmente en el rubro del empoderamiento (en su relación con las dimensiones sociales y económicas), pues promedia los valores más bajos con 0.359 puntos para todas las ciudades analizadas.

Los valores del ámbito ecológico muestran un buen desempeño en cuanto a la capacidad de absorción, pero tienen valores muy bajos en las capacidades de adaptación y transformación. En las ciudades emergentes, incluso, el índice de empoderamiento y respuesta (con respecto al ámbito ecológico) es de apenas 0.168. Por su parte, el ámbito institucional presenta los valores más bajos en todos los núcleos urbanos, con un promedio de 0.228 puntos.

El índice de resiliencia urbana pone en relieve las fortalezas y debilidades para lograr resiliencia en los núcleos urbanos. La principal fortaleza está en la infraestructura física, seguida de la capacidad de absorción y adaptación de los ámbitos social y económico. Las principales debilidades se encuentran en los ámbitos ecológico (en cuanto a la capacidad de adaptación y transformación) e institucional (absorción, adaptación y transformación).

Este índice expone la necesidad de construir resiliencia desde los ámbitos institucional y territorial. En ese sentido, es necesario mejorar los procesos encaminados al empoderamiento y respuesta, de tal manera que

resulten en una mejor gestión del riesgo al cambio climático. Debido a que el empoderamiento es el componente más vinculado con la planificación e implementación de acciones encaminadas a la construcción de la resiliencia, vale la pena analizar los procesos de planificación que han tenido lugar en Guatemala y su vinculación con la construcción de ciudades resilientes.

5. La planificación del desarrollo como mecanismo de construcción de resiliencia

La planificación del desarrollo es el conjunto de instrumentos de diferentes tipos y escalas que articulan la formulación, el diseño y la evaluación de políticas públicas con los actores políticos, técnicos y sociales, bajo esquemas estratégicos y operativos de coordinación y consenso. El enfoque de gestión de riesgo y cambio climático en la planificación busca orientar las políticas públicas hacia la reducción de la vulnerabilidad existente ante eventos extremos. Esto implica la implementación de estrategias para reducir los agentes causales de la vulnerabilidad, al mismo tiempo que se busca mejorar el nivel de vida de la población vulnerable (Segeplán, 2016).

La planificación de políticas públicas y su vínculo con la construcción de resiliencia puede analizarse según los instrumentos internacionales y los nacionales existentes. A nivel internacional, por ejemplo, el *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030* propone orientaciones y estrategias para incorporar mecanismos de adaptación y resiliencia en los procesos

de planificación a nivel de país y se plantea como objetivo prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes, mediante el trabajo y propuesta de medidas integrales e inclusivas (Naciones Unidas, 2015).

Otro mecanismo internacional es la Agenda 2030, donde el objetivo de desarrollo sostenible 11 se propone «lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles» (Naciones Unidas, 2018, p. 51). De un total de diez metas, dos hacen referencia específica a los procesos de planificación, integración urbano-rural y construcción de resiliencia: la meta 11.a (sobre los vínculos entre zonas urbanas, periurbanas y rurales) y la meta 11.b (aumentar el número de ciudades que adoptan políticas para promover la mitigación y la adaptación del cambio climático).

A escala regional, el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres en Centroamérica y República Dominicana (Cepredenac) propuso la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo de Desastres, la cual es un marco orientador en gestión integral, que busca entrelazar la gestión del riesgo con la gestión económica, la gestión de la cohesión social y la gestión ambiental, bajo enfoques integrales de implementación (Cepredenac, 2011).

A nivel nacional, el Sistema Nacional de Planificación articula el proceso de planificación e implementación de las políticas públicas con la gestión integral del riesgo. Segeplán (2016) indica que la planificación es el

instrumento de gestión ambiental y de reducción de riesgo que facilita, a partir

del estudio del comportamiento actual y futuro de las amenazas generadoras de riesgos y de la vulnerabilidad, la identificación de prioridades y necesidades de la población, y la incorporación y articulación de estas variables con los marcos estratégicos institucionales, planes y presupuestos que orientan la planificación nacional del desarrollo en cada nivel de gestión. (p. 22)

La expansión urbana supone retos importantes para la construcción de resiliencia en las áreas urbanas, ya que constituye una presión sobre los recursos naturales en zonas aún no perturbadas, ya sea dentro o fuera de los principales centros urbanos. Por ejemplo, las ciudades que han tenido un ritmo de expansión acelerado en los últimos años, como el caso del área metropolitana de la ciudad de Guatemala, han ejercido una alta presión sobre las áreas rurales de los municipios que las conforman. Se esperaría, por tanto, que la tendencia actual de expansión urbana, especialmente en los municipios con regulación deficiente, incida en una disminución de la resiliencia de las ciudades debido al estrés de dicho proceso sobre los recursos naturales y sobre los subsistemas socioeconómicos para suplir las necesidades de educación, salud, infraestructura, empleo, entre otras, que demandan las nuevas áreas urbanas.

Con base en los instrumentos de planificación existentes en el país, la regulación de la expansión urbana podría ejercerse a través de acciones a nivel nacional y municipal. En el primer caso, es necesaria la aprobación de un código de construcción que regule las normas generales y específicas de diseño, planificación, construcción, supervisión y mantenimiento de las obras de

infraestructura realizadas mediante inversión pública o privada. A nivel municipal, después de haber elaborado y aprobado el plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial, le corresponde a cada municipalidad elaborar, aprobar e implementar su reglamento de ordenamiento territorial, del cual se derivan otros instrumentos de gestión más específicos que, según Segeplán (2018), pueden ser de carácter técnico, legal o financiero (recuadro 3).

La concentración de población en las ciudades facilita el acceso a servicios, bienes e infraestructura, no solo de sus habitantes, sino de las poblaciones no urbanas en su área de influencia. Estas áreas urbanas dependen, a su vez, de la provisión de bienes y servicios naturales de las áreas rurales que las circundan. Por ello, para que la planificación del desarrollo contribuya en la construcción de resiliencia, se deben orientar acciones para lograr una gestión integral del territorio que aborde el vínculo urbano-rural.

6. Conclusiones y recomendaciones

El concepto de resiliencia puede proveer una perspectiva alterna para el tradicional enfoque de los estresores ambientales. El carácter multidimensional del término permite el análisis de una gama amplia de estresores, ya sea para el análisis de una sequía, una inundación o un conflicto social. La resiliencia de las comunidades no es estática, ya que depende en gran medida de sus capacidades para aprender y transformarse. Por lo tanto, es necesario incorporar este concepto en el Sistema de Seguimiento y Evaluación de las Políticas Públicas,

Recuadro 3

Instrumentos técnicos, legales y financieros para la gestión territorial

Existen tres tipos de instrumentos que se derivan de los reglamentos de ordenamiento territorial que los gobiernos municipales pueden generar:

- instrumentos técnicos de gestión territorial: plan local de ordenamiento territorial, plan de recuperación del espacio público, plan de desarrollo urbano, plan de movilidad y plan de manejo integral de residuos y desechos sólidos;
- instrumentos legales de gestión territorial: reglamento de construcción, reglamento de movilidad y reglamento de manejo de residuos y desechos sólidos;
- instrumentos financieros de gestión territorial: cobro de servicios, tasas y arbitrios, cobro del impuesto único sobre inmuebles y contribución por mejoras.

Fuente: tomado de Segeplán (2018).

principalmente en términos de la vinculación entre la planificación sectorial y la territorial.

El índice de resiliencia que se discute en este artículo es útil para describir las capacidades de los sistemas socioecológicos; en este caso, de los principales núcleos urbanos del país. Asimismo, provee indicadores de la resiliencia de las ciudades de Guatemala, no solo ante amenazas climáticas, sino también de otro tipo, como, por ejemplo, las tectónicas. Esto es especialmente relevante para el país, ya que está expuesto a múltiples amenazas, muchas de las cuales están vinculadas entre ellas (v. g. deslaves-inundaciones, sequías-incendios forestales). El índice también puede servir como un indicador de la resiliencia de los centros urbanos a otros estresores ambientales que no sean de origen atmosférico. Debido a que el enfoque de

la resiliencia son las capacidades generales de los sistemas socioecológicos, por tanto, estas capacidades pueden ayudar a que un sistema responda y se reponga ante estresores conocidos y desconocidos.

Los indicadores estimados del índice de resiliencia urbana para Guatemala sugieren que existe una capacidad de *resiliencia media* en la mayoría de los principales centros urbanos del país, probablemente porque las ciudades grandes tienden a tener un peso político y económico mayor que les permite acceder a mejores servicios e infraestructura con respecto a centros urbanos pequeños o áreas rurales. Es por ello que estas áreas normalmente muestran un mejor desempeño en aspectos de desarrollo físico, económico y social. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que las áreas rurales proveen la mayor parte de servicios ambientales que requiere la población que vive en las ciudades; por ejemplo,

la protección de cuencas hidrográficas, que juega un rol determinante en la provisión de agua o la prevención de inundaciones.

En el presente ejercicio, el mejor desempeño del sistema socioecológico urbano se manifestó en la capacidad de absorción y adaptación; por el contrario, los niveles más bajos se encontraron en la capacidad de transformación, que a su vez se subdivide en dos componentes: respuesta y empoderamiento, este último con el desempeño más pobre. A pesar de que es necesario mejorar la mayoría de los indicadores relacionados con la resiliencia en el país, los resultados del presente ejercicio muestran que la manera más rápida y efectiva de construir resiliencia en los sistemas urbanos podría ser a través del fortalecimiento de los indicadores institucionales, fundamentalmente en los que juegan un rol central en las capacidades de empoderamiento y respuesta.

Referencias

- Abdullah, R., Abas, R. y Ayatollah, K. (2007). Impact of palm oil-based biodiesel demand on palm oil price. *Oil Palm Industry Economic Journal*, 7(2), 19-27.
- Barthel, S. e Isendahl, C. (2013). Urban gardens, agriculture, and water management: sources of resilience for long-term food security in cities. *Ecological Economics*, 86, 224-234. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.06.018>
- Béné, C., Godfrey Wood, R., Newsham, A. y Davies, M. (2012). Resilience: new Utopia or new tyranny? Reflection about the potentials and limits of the concept of resilience in relation to vulnerability reduction programmes. *IDS Working Paper*, 2012(405), 1-61. <https://doi.org/10.1111/j.2040-0209.2012.00405.x>
- Bolaños, R. (20 de agosto del 2014). Búnker y diésel proveen energía al país. *Prensa Libre*. https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/nacionales-bunker-diesel-proveen-energia-electricidad-sequia-falta-lluvia_0_1196880302.html/

- Bolaños, R. (26 de enero del 2019). Por esta razón subieron las tarifas de electricidad en el 2018 y el comportamiento podría alargarse hasta 2019. *Prensa Libre*. <https://www.prensalibre.com/economia/por-esta-razon-subieron-las-tarifas-de-electricidad-en-el-2018-y-el-comportamiento-podria-alargarse-hasta-2019/>
- Brossmann, M., Witting, M. y Welle, T. (2014). *Valoración y seguimiento de la resiliencia climática*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GmbH.
- Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres en América Central y República Dominicana. (2011). *Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo de Desastres*. [https://www.cac.int/sites/default/files/Politica%20Centroamericana%20de%20Gestion%20Integral%20de%20Riesgo%20a%20Desastres%20\(PCGIR\).%20Regional.pdf](https://www.cac.int/sites/default/files/Politica%20Centroamericana%20de%20Gestion%20Integral%20de%20Riesgo%20a%20Desastres%20(PCGIR).%20Regional.pdf)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Fondo Nórdico de Desarrollo, Banco Interamericano de Desarrollo y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *La economía del cambio climático en Guatemala (Documento técnico 2018, LC/MEX/TS.2018/13)*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43725-la-economia-cambio-climatico-guatemala-documento-tecnico-2018>
- Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo K'atun: Nuestra Guatemala 2032*. <https://portal.siinsan.gob.gt/wp-content/uploads/2018/11/Plan-Nacional-de-Desarrollo-Katun.pdf>
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2017). *Informe Guatemala 2017*.
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E. y Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598-606.
- Domínguez, E. (24 de diciembre del 2018). Bajas temperaturas persisten en Navidad y el termómetro podría marcar entre 0 y 2 grados. *Prensa Libre*. <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/bajas-temperaturas-persisten-en-navidad-y-el-termometro-podria-marcar-entre-0-y-2-grados/>
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. (2009). *UNISDR Terminología sobre la Reducción del Riesgo a Desastres*. Naciones Unidas.

- Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. y White, L. L. (eds.). (2014). *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- Fischer, J., Lindenmayer, D. y Manning, A. (2006). Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(2), 80-86.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. y Holling, C. (2014). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 557-581.
- Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., Buth, M., Zebisch, M. y Kahlenborn, W. (2016). *El libro de la vulnerabilidad*. Sociedad Alemana de Cooperación, GIZ.
- Guinea, H. E. y Swain, A. (2014). Linking flood management to integrated water resource management in Guatemala: a critical review. *International Journal of Water Governance*, 4, 53-74.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2011). *Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico*. Universidad Rafael Landívar. <http://www.infoiarna.org.gt/publicacion/cambio-climatico-y-biodiversidad-elementos-para-analizar-sus-interacciones-en-guatemala-con-un-enfoque-ecosistemico/>
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2014). *Propuesta para construir el índice de adaptación al cambio climático (IACC) del proyecto Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala (CNCG)*. Universidad Rafael Landívar.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente y The Nature Conservancy. (2013). *Bases técnicas para la gestión del agua con visión de largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala*. Universidad Rafael Landívar. <https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/pPublicacion.aspx?pb=34>
- Instituto Nacional de Estadística. (1997). *Guatemala: estimaciones y proyecciones de población 1950-2050*. <https://www.ine.gob.gt/proyecciones/>

- Levin, S. y Lubchenco, J. (2008). Resilience, robustness, and marine ecosystem-based management. *Bioscience*, 58(1), 27-32.
- Longo, M. (22 de enero del 2019). Bajas temperaturas afectan la salud de los quetzaltecos y autoridades educativas analizan atrasar el horario de ingreso a clases por esta razón. *Prensa Libre*. <https://www.prensalibre.com/ciudades/quetzaltenango/bajas-temperaturas-afectan-la-salud-de-los-quetzaltecos-y-autoridades-educativas-analizan-atrasar-el-horario-de-ingreso-a-clases-por-esta-razon/>
- McManus, P., Walmsley, J., Argent, N., Baum, S., Bourke, L., Martin, J., Pritchard, B. y Sorensen, T. (2012). Rural community and rural resilience: what is important to farmers in keeping their country towns alive? *Journal of Rural Studies*, 28(1), 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2011.09.003>
- Meléndez, J. (3 de agosto del 2013). El dengue causa en Centroamérica 30 muertos y amenaza con intensificarse. *El País*. https://elpais.com/internacional/2013/08/03/actualidad/1375557730_488756.html
- Mitchell, A. (2013). *Risk and resilience: from good idea to good practice*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Morales, M. (21 de agosto del 2018). Más de Q80 millones en cultivos se pierden por la sequía en Chiquimula. *Prensa Libre*. <https://www.prensalibre.com/ciudades/chiquimula/mas-de-q80-millones-en-cultivos-se-pierden-por-la-sequia-en-chiquimula/>
- Naciones Unidas. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- Paton, D. y Johnston, D. (2017). *Disaster resilience: an integrated approach* (2.ª edición). Charles C. Thomas, Publisher, LTD.
- Pin Koh, L. (2007). Potential habitat and biodiversity losses from intensified biodiesel feedstock production. *Conservation Biology*, 21(5), 1373-1375. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00771.x>
- Real Academia Española. (s. f.). *Resiliencia*. Diccionario de la lengua española (23.ª edición). <https://dle.rae.es/resiliencia>
- Rodríguez Aldabe, Y. (2018). *Potenciar la resiliencia de las ciudades y sus territorios de pertenencia en el marco de los acuerdos sobre cambio climático y de la Nueva Agenda Urbana (Documentos de Proyectos LC/TS.2018/91)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

- Rosenzweig, C., Solecki, W., Hammer, S. y Mehrotra, S. (2011). *Climate change and cities first assessment report of urban change research network*. Cambridge University Press.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2016). *Guía general de planificación del desarrollo en Guatemala*. <http://190.143.158.16/Digital/Documentacion/MaterialDigital/ColeccionSegeplan/Gu%C3%ADa%20Gral-Planificaci%C3%B3n-desarrollo-Guatemala%202016.pdf>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2017). *Ranking de la gestión municipal 2016*. <http://ide.segeplan.gob.gt/sinittablero/>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2018). *Guía metodológica para la elaboración del plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial en Guatemala*. https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/08/Guia_PDM_OT.pdf
- Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica. (2012). *Perspectiva de las ciudades y diversidad biológica*. <https://www.cbd.int/authorities/doc/cbo-1/cbd-cbo1-summary-sp-f-web.pdf>
- Stockholm Resilience Centre. (s. f.). *What is resilience?* <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2015-02-19-what-is-resilience.html>
- Toshiaki, I., Kazuhiro, S. y Keisuke, H. (1999). Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo. *Atmospheric Environment*, 33(24), 3897-3909.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. y Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2), 5.
- World Bank. (2017). *Encuestas digitales gestión de riesgo a nivel municipal (EGRM 2017)*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/345181575433708572/pdf/America-Central-Fortalecer-la-Resiliencia-DRM-de-las-Ciudades-de-CA-Guatemala-Encuestas-Digitales-de-Gestion-de-Riesgos-a-Nivel-Municipal.pdf>

Apéndice

Apéndice A

Lista de indicadores analizados por dimensión socioecológica

Dimensión	Código	Indicadores de aproximación	Fuente de información
social	1.1	Desigualdad	Inform
	1.2	Población en dependencia	Inform
	1.3	Índice de desarrollo humano	Inform
	1.4	Acceso a sistemas de salud	Inform
	1.5	Índice de avance educativo	Inform
	1.6	Participación ciudadana	Segeplán-ranking municipal
ecológica	2.1	Eventos naturales	Inform
	2.2	Deforestación	Inform
	2.3	Calidad del servicio público de agua potable	Segeplán-ranking municipal
	2.4	Acciones para la gestión ordenada del territorio	Segeplán-ranking municipal
económica	3.1	Pobreza rural	Inform
	3.2	Crecimiento económico	Inform
	3.3	Presupuesto de egresos relacionado a competencias municipales que responden a prioridades nacionales de desarrollo	Segeplán-ranking municipal
	3.4	Autonomía financiera municipal	Segeplán-ranking municipal
física	4.1	Condiciones de vida-vivienda	Inform
	4.2	Acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento	Inform
	4.3	Cobertura del servicio público de agua potable	Segeplán-ranking municipal
	4.4	Acceso a electricidad	Inform
	4.5	Disposición y tratamiento de aguas residuales	Segeplán-ranking municipal
	4.6	Densidad de carreteras	Inform
institucional	5.1	Gestión de riesgos en la formulación de proyectos derivados de la planificación operativa anual	Segeplán-ranking municipal
	5.2	Gestión de servicios municipales	Segeplán-ranking municipal
	5.3	Gestión y manejo de residuos sólidos	Segeplán-ranking municipal
	5.4	Institucionalización de la gestión ordenada del territorio	Segeplán-ranking municipal
	5.5	Información pública de oficio actualizada y disponible, en todo momento a través de la Ley de Acceso a la Información Pública (LAIP) y uso de internet	Segeplán-ranking municipal
	5.6	Información presupuestaria y otra información brindada a la ciudadanía disponible en medios locales de comunicación	Segeplán-ranking municipal

Fuente: elaboración propia.

Apéndice B

Desempeño municipal de los componentes de resiliencia

Departamento	Municipio	Absorción	Adaptación	Transformación	Índice de resiliencia
Municipios del área metropolitana					
Guatemala	Guatemala	0.891	0.726	0.557	0.72
	Santa Catarina Pinula	0.902	0.838	0.755	0.83
	San José Pinula	0.886	0.681	0.465	0.68
	Palencia	0.885	0.667	0.459	0.67
	Chinautla	0.877	0.592	0.357	0.61
	San Pedro Ayampuc	0.877	0.590	0.331	0.60
	Mixco	0.888	0.697	0.494	0.69
	San Pedro Sacatepéquez	0.879	0.615	0.372	0.62
	San Juan Sacatepéquez	0.881	0.630	0.435	0.65
	Fraijanes	0.881	0.633	0.424	0.65
	Amatitlán	0.890	0.718	0.553	0.72
	Villa Nueva	0.892	0.743	0.599	0.74
	Villa Canales	0.885	0.673	0.459	0.67
San Miguel Petapa	0.881	0.629	0.387	0.63	
Municipios contenidos en ciudades intermedias					
Totonicapán	San Cristóbal Totonicapán	0.879	0.612	0.341	0.61
Quetzaltenango	Quetzaltenango	0.884	0.657	0.422	0.65
	Salcajá	0.898	0.795	0.666	0.79
	San Juan Ostuncalco	0.878	0.597	0.340	0.60
	San Mateo	0.881	0.631	0.413	0.64
	Almolonga	0.878	0.597	0.337	0.60
	Cantel	0.880	0.621	0.391	0.63
	Zunil	0.881	0.634	0.399	0.64
	La Esperanza	0.887	0.688	0.504	0.69
Sacatepéquez	Antigua Guatemala	0.879	0.607	0.364	0.62
	Jocotenango	0.877	0.589	0.346	0.60
	Ciudad Vieja	0.886	0.685	0.484	0.69
	San Miguel Dueñas	0.879	0.613	0.384	0.63
	Alotenango	0.887	0.686	0.501	0.69
	San Antonio Aguas Calientes	0.893	0.747	0.601	0.75
	Santa Catarina Barahona	0.889	0.709	0.546	0.71

Departamento	Municipio	Absorción	Adaptación	Transformación	Índice de resiliencia
Chimaltenango	Chimaltenango	0.884	0.662	0.429	0.66
	El Tejar	0.876	0.581	0.296	0.58
Escuintla	Escuintla	0.875	0.575	0.295	0.58
Huehuetenango	Huehuetenango	0.893	0.753	0.613	0.75
	Chiantla	0.882	0.644	0.377	0.63
Alta Verapaz	Cobán	0.896	0.783	0.632	0.77
	San Pedro Carchá	0.880	0.625	0.365	0.62
San Marcos	San Marcos	0.893	0.752	0.619	0.75
	San Pedro Sacatepéquez	0.894	0.758	0.637	0.76
Escuintla	Santa Lucía Cotzumalguapa	0.877	0.594	0.318	0.60
Izabal	Puerto Barrios	0.883	0.655	0.441	0.66
Municipios contenidos en ciudades intermedias emergentes					
Retalhuleu	Retalhuleu	0.875	0.571	0.309	0.59
	San Sebastián	0.877	0.591	0.327	0.60
Quiché	Santo Tomás Chichicastenango	0.881	0.633	0.367	0.63
Totonicapán	Totonicapán	0.878	0.600	0.362	0.61
Quetzaltenango	Coatepeque	0.881	0.626	0.381	0.63
Petén	Flores	0.886	0.678	0.461	0.68
	San Benito	0.891	0.728	0.545	0.72
Suchitepéquez	Mazatenango	0.878	0.604	0.349	0.61
Jalapa	Jalapa	0.881	0.629	0.392	0.63
Chiquimula	Chiquimula	0.557	0.376	0.255	0.40

Fuente: elaboración propia con base en Conred (2017) y Segeplán (2017).

Apéndice C

Indicadores que componen el índice de absorción para las 18 áreas urbanas del país

Núcleo urbano	Desigualdad	Población en dependencia	Eventos naturales	Deforestación	Pobreza rural	Acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento	Cobertura del servicio de agua potable	Gestión de riesgos en la formulación de proyectos derivados de la planificación operativa anual	Índice de absorción
Área metropolitana									
Metropolitana	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.275	0.885
Ciudades intermedias									
Antigua Guatemala	0.975	0.975	0.975	0.975	0.975	0.975	0.975	0.244	0.884
Chimaltenango-El Tejar	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987	0.135	0.880
Cobán-Carchá	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.358	0.888
Escuintla	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.009	0.875
Huehuetenango-Chiantla	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.343	0.888
Puerto Barrios	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.226	0.883
Quetzaltenango	0.979	0.979	0.979	0.979	0.979	0.979	0.979	0.206	0.883
San Marcos-San Pedro Sacatepéquez	0.951	0.951	0.951	0.951	0.951	0.951	0.951	0.494	0.894
Santa Lucía Cotzumalguapa	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994	0.062	0.877
Ciudades intermedias emergentes									
Chiquimula	0.420	0.470	0.210	0.740	0.840	0.820	0.955	0.000	0.557
Coatepeque	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	0.147	0.881
Flores-San Benito	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.356	0.889
Jalapa	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	0.154	0.881
Mazatenango	0.991	0.991	0.991	0.991	0.991	0.991	0.991	0.088	0.878

Núcleo urbano	Desigualdad	Población en dependencia	Eventos naturales	Deforestación	Pobreza rural	Acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento	Cobertura del servicio de agua potable	Gestión de riesgos en la formulación de proyectos derivados de la planificación operativa anual	Índice de absorción
Retalhuleu-San Sebastián	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.027	0.876
Totonicapán	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992	0.078	0.878
Chichicastenango	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.167	0.881
Nacional	0.965	0.966	0.961	0.972	0.974	0.973	0.976	0.231	0.877

Fuente: elaboración propia con base en Conred (2017) y Segeplán (2017).

Apéndice D

Indicadores que componen el índice de adaptación para las 18 áreas urbanas del país

Núcleo urbano	Índice de desarrollo humano	Acceso a sistemas de salud	Disposición y tratamiento de aguas residuales	Crecimiento económico	Condiciones de vida	Gestión de servicios municipales	Gestión y manejo de residuos sólidos	Índice de adaptación
Área metropolitana								
Metropolitana	0.972	0.972	0.275	0.972	0.972	0.275	0.275	0.674
Ciudades intermedias								
Antigua Guatemala	0.975	0.975	0.244	0.975	0.975	0.244	0.244	0.662
Chimaltenango-El Tejar	0.987	0.987	0.135	0.987	0.987	0.135	0.135	0.622
Cobán-Carchá	0.965	0.965	0.358	0.965	0.965	0.358	0.358	0.704
Escuintla	0.999	0.999	0.009	0.999	0.999	0.009	0.009	0.575
Huehuetenango-Chiantla	0.966	0.966	0.343	0.966	0.966	0.343	0.343	0.699
Puerto Barrios	0.977	0.977	0.226	0.977	0.977	0.226	0.226	0.655
Quetzaltenango	0.979	0.979	0.206	0.979	0.979	0.206	0.206	0.648
San Marcos-San Pedro Sacatepéquez	0.951	0.951	0.494	0.951	0.951	0.494	0.494	0.755
Santa Lucía Cotzumalguapa	0.994	0.994	0.062	0.994	0.994	0.062	0.062	0.594
Ciudades intermedias emergentes								
Chichicastenango	0.983	0.983	0.167	0.983	0.983	0.167	0.167	0.633
Chiquimula	0.550	0.770	0.000	0.730	0.580	0.000	0.000	0.376
Coatepeque	0.985	0.985	0.147	0.985	0.985	0.147	0.147	0.626
Flores-San Benito	0.965	0.965	0.356	0.965	0.965	0.356	0.356	0.703
Jalapa	0.985	0.985	0.154	0.985	0.985	0.154	0.154	0.629
Mazatenango	0.991	0.991	0.088	0.991	0.991	0.088	0.088	0.604
Retalhuleu-San Sebastián	0.998	0.998	0.027	0.998	0.998	0.027	0.027	0.581
Totonicapán	0.992	0.992	0.078	0.992	0.992	0.078	0.078	0.600
Nacional	0.968	0.972	0.231	0.972	0.969	0.231	0.231	0.653

Fuente: elaboración propia con base en Conred (2017) y Segeplán (2017).

Apéndice E

Indicadores que componen el índice de capacidad de respuesta para las 18 áreas urbanas del país

Núcleo urbano	Índice de avance educativo	Calidad del servicio público de agua	Cobertura del servicio de agua potable	Presupuesto de egresos municipales que responden a prioridades nacionales de desarrollo	Densidad de carreteras	Institucionalización de la gestión ordenada del territorio	Índice de respuesta
Área metropolitana							
Metropolitana	0.550	0.28	0.972	0.275	0.972	0.275	0.554
Ciudades intermedias							
Antigua Guatemala	0.623	0.24	0.975	0.244	0.975	0.244	0.551
Chimaltenango-El Tejar	0.300	0.14	0.987	0.135	0.987	0.135	0.447
Cobán-Carchá	0.200	0.36	0.965	0.358	0.965	0.358	0.534
Escuintla	0.470	0.01	0.999	0.009	0.999	0.009	0.416
Huehuetenango-Chiantla	0.270	0.34	0.966	0.343	0.966	0.343	0.539
Puerto Barrios	0.530	0.23	0.977	0.226	0.977	0.226	0.527
Quezaltenango	0.478	0.21	0.979	0.206	0.979	0.206	0.509
San Marcos-San Pedro Sacatepéquez	0.695	0.49	0.951	0.494	0.951	0.494	0.680
Santa Lucía Cotzumalguapa	0.330	0.06	0.994	0.062	0.994	0.062	0.417
Ciudades intermedias emergentes							
Chichicastenango	0.100	0.17	0.983	0.167	0.983	0.167	0.428
Chiquimula	0.510	0.00	0.955	0.133	0.460	0.053	0.352
Coatepeque	0.420	0.15	0.985	0.147	0.985	0.147	0.472
Flores-San Benito	0.270	0.36	0.965	0.356	0.965	0.356	0.544
Jalapa	0.500	0.15	0.985	0.154	0.985	0.154	0.488
Mazatenango	0.500	0.09	0.991	0.088	0.991	0.088	0.458
Retalhuleu-San Sebastián	0.610	0.03	0.998	0.027	0.998	0.027	0.448
Totonicapán	0.740	0.08	0.992	0.078	0.992	0.078	0.493
Nacional	0.493	0.23	0.976	0.234	0.966	0.232	0.522

Fuente: elaboración propia con base en Conred (2017) y Segeplán (2017).

Apéndice F
Indicadores que componen el índice de empoderamiento para las 18 áreas urbanas del país

Núcleo urbano	Índice de participación ciudadana	Acciones para la gestión ordenada del territorio	Autonomía financiera municipal	Acceso a electricidad	Información pública de oficina actualizada y disponible en todo momento a través de la LAIP y uso de internet	Información presupuestaria y otra información brindada a la ciudadanía disponible en medios locales de comunicación	Índice de empoderamiento
Área metropolitana							
Metropolitana	0.275	0.275	0.275	0.997	0.275	0.275	0.396
Ciudades intermedias							
Antigua Guatemala	0.244	0.244	0.244	0.998	0.244	0.244	0.370
Chimaltenango-El Tejar	0.135	0.135	0.135	0.999	0.135	0.135	0.279
Cobán-Carchá	0.358	0.358	0.358	0.997	0.358	0.358	0.464
Escuintla	0.009	0.009	0.009	1.000	0.009	0.009	0.174
Huehuetenango-Chiantla	0.343	0.343	0.343	0.997	0.343	0.343	0.452
Puerto Barrios	0.226	0.226	0.226	0.998	0.226	0.226	0.355
Quetzaltenango	0.206	0.206	0.206	0.998	0.206	0.206	0.338
San Marcos-San Pedro Sacatepéquez	0.494	0.494	0.494	0.995	0.494	0.494	0.577
Santa Lucía Cotzumalguapa	0.062	0.062	0.062	0.999	0.062	0.062	0.218
Ciudades intermedias emergentes							
Chichicastenango	0.167	0.167	0.167	0.998	0.167	0.167	0.305
Chiquimula	0.000	0.000	0.283	0.000	0.663	0.000	0.158
Coatepeque	0.147	0.147	0.147	0.999	0.147	0.147	0.289
Flores-San Benito	0.356	0.356	0.356	0.997	0.356	0.356	0.462
Jalapa	0.154	0.154	0.154	0.998	0.154	0.154	0.295
Mazatenango	0.088	0.088	0.088	0.999	0.088	0.088	0.240
Retalhuleu-San Sebastián	0.027	0.027	0.027	1.000	0.027	0.027	0.189
Totonicapán	0.078	0.078	0.078	0.999	0.078	0.078	0.232
Nacional	0.231	0.231	0.236	0.978	0.244	0.231	0.359

Fuente: elaboración propia con base en Conred (2017) y Segeplán (2017).



ensayos

Subsistema de investigación y proyección de la Universidad Rafael Landívar: notas sobre su concepción, estructura, instrumentos y contexto¹

Research and projection subsystem of Rafael Landívar University: insights on its conception, structure, instruments, and context

Juventino Gálvez²

Resumen

En el 2021, la Universidad Rafael Landívar reorganizó su subsistema de investigación y proyección y estableció una estructura capaz de sostener las interacciones deliberadas y sistemáticas entre los equipos de investigación y la realidad, persiguiendo objetivos institucionales respecto a los cambios que la investigación va a catalizar tanto en el proceso educativo dentro del sistema universitario como en la realidad

nacional y regional de la cual es parte. La estructura responde a las orientaciones que ofrecen las Políticas de Investigación y de Proyección Universitaria que encuentran un primer desenlace en el Plan Estratégico Institucional. En el caso de la investigación, el desenlace transita por la Agenda Universitaria de Investigación, formulada y puesta en marcha a la luz de tres criterios: epistemológico, ético-político y crítico, que definen

1 Formulado con base en el discurso ofrecido en ocasión de la inauguración de la VIII Semana Científica de la Universidad Rafael Landívar: «Universidad, ciencia y transformación social: tendiendo puentes para un mundo esperanzador», llevada a cabo en septiembre del 2023.

2 Universidad Rafael Landívar, actualmente Vicerrector de Investigación y Proyección. De formación Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Maestro en Ciencias en Manejo y Conservación de Biodiversidad, Doctor en Ciencias Políticas y Sociología. Responsable de la concepción, diseño y puesta en marcha del actual Sistema de Investigación y Proyección de URL; ex director y fundador del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna); ex Secretario Ejecutivo del Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala desde cuyo rol cumplió el Acuerdo de Paz relativo al otorgamiento de concesiones de manejo de recursos naturales a grupos comunitarios organizados; ex Presidente de la Junta Directiva del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza con sede en Costa Rica. Correo electrónico: vrip@url.edu.gt <https://orcid.org/0000-0003-0675-1959>

la rigurosidad, el talante y el alcance de las investigaciones.

La perspectiva de cambio en la realidad, desde la acción universitaria, encuentra razón y soporte en el concepto de proyección universitaria que gestiona la Vicerrectoría de Investigación y Proyección. Este concepto orientador adquiere sentido a partir de una causalidad organizada entre la investigación, la educación y la acción pública, siendo esta última la que modela el alcance de estas vinculaciones en la realidad. La factibilidad de la labor de investigación está condicionada por la existencia y funcionalidad de un conjunto de instrumentos y mecanismos. Destacan la carrera laboral de investigación, las comunidades epistémicas y otros grupos de trabajo, los proyectos de campo, las revistas arbitradas, los observatorios académicos y el fondo de investigación landivariana.

Palabras clave: investigación, proyección universitaria, sistemas complejos, interdisciplina, vicerrectoría, impactos investigación

Abstract

In 2021, Rafael Landívar University reorganized its research and outreach subsystem, establishing a structure capable of sustaining deliberate and systematic interactions between research teams and reality, pursuing institutional objectives regarding the changes that research will catalyze both within the educational process of the university system and in the national and regional context of which it is a part. This structure responds to the guidelines provided by the research and university outreach

policies, which find their initial outcomes in the Institutional Strategic Plan. In the case of research, the outcome is channeled through the University Research Agenda. This agenda has been formulated and implemented considering three criteria: epistemological, ethical-political, and critical, which define the rigor, spirit, and scope of the investigations.

The perspective of change in reality, stemming from university action, finds justification and support in the concept of university outreach managed by the Vice-Rectorate for Research and Outreach. This guiding concept acquires meaning from an organized causality between research, education, and public action, with the latter shaping the scope of these linkages in reality. The complementarity of the aforementioned elements requires operational instruments and mechanisms to render investigative work feasible. Notable among these are the research career path, epistemic communities and other working groups, field projects, peer-reviewed journals, academic observatories, and the Landívar Research Fund.

Keywords: research, university projection, complex systems, interdisciplinarity, vice-rectorship, research impacts.

1. Bases conceptuales esenciales y organización de las capacidades para la investigación y proyección

En el 2021, en el marco de lo que denominamos Sistema Universitario Landivariano (SUL), conforme a la nomenclatura y base conceptual del Plan Estratégico Institucio-

nal 2022-2030, hemos reorganizado nuestro subsistema de investigación y proyección, destacando como punto de partida del proceso las concepciones teórico-conceptuales y metodológicas que pueden, aunque no en su totalidad, recogerse en los tres criterios de demarcación de nuestra investigación, a saber: el criterio epistemológico, que asegura que nuestras contribuciones tengan rigor científico; el criterio ético-político, inspirado en la identidad jesuita y el pensamiento ignaciano; y el criterio crítico, tanto en su sentido emancipador como en su compromiso con la búsqueda de la verdad más allá de posicionamientos ideológicos. Estos puntos de partida se han recogido adecuadamente en dos marcos orientadores por excelencia, que son la Política de Investigación Universitaria y la Política de Proyección Universitaria, concebidas como un par interdefinible.

El desenlace programático con el necesario sentido de largo plazo lo hemos asegurado con el diseño y la puesta en marcha de la Agenda Universitaria de Investigación (AUI). No menos importantes han sido los respectivos soportes materiales y simbólicos que dan forma y contenido a la Vicerrectoría de Investigación y Proyección (VRIP), entidad desde donde se gestiona todo aquello y cuyo modelo estructural se retoma al final de este escrito.

Como es usual, y en este caso particular, las políticas universitarias mencionadas antes ofrecen los marcos orientadores y establecen las condiciones necesarias para la investigación y la proyección. La AUI (con sus niveles de alcance, incluida su expresión territorial) provee los énfasis para la genera-

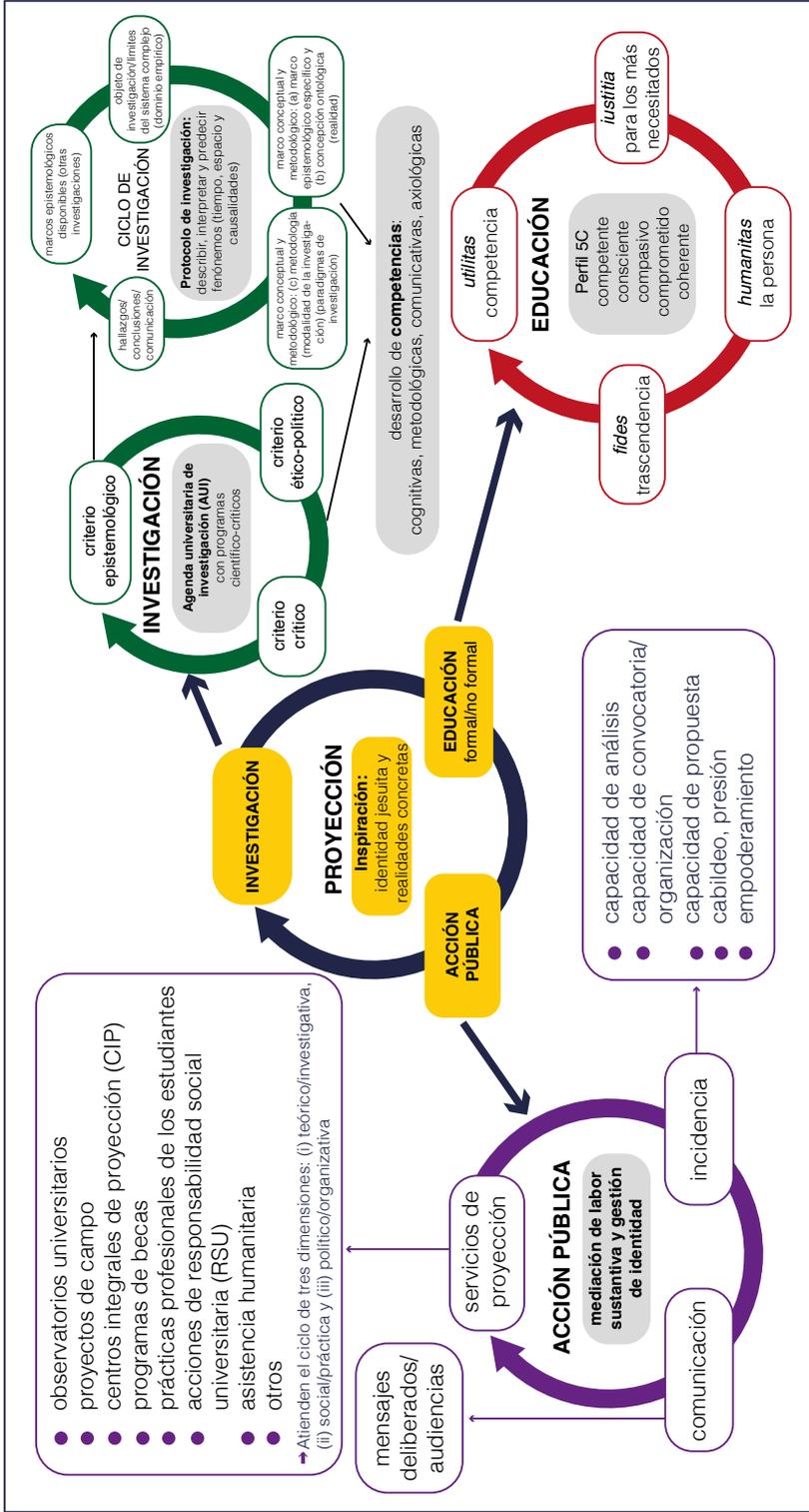
ción de conocimiento y la estructura institucional les da factibilidad a ambas.

Esta estructura (es decir, las vinculaciones esenciales) tiene el cometido, en otros términos, de sostener las interacciones deliberadas y sistemáticas entre los equipos de investigación (profesionales y en formación) y la realidad, persiguiendo ciertos objetivos institucionales respecto a los cambios que la investigación va a catalizar tanto en el proceso educativo que tiene lugar en la Universidad como en la compleja realidad nacional y regional de la cual somos parte.

La perspectiva de cambio en la realidad, desde la acción universitaria, encuentra razón y soporte en el concepto de «proyección universitaria» que gestiona la VRIP. Este concepto orientador, como ya hemos dicho en otros momentos y espacios, no solo dinamiza las relaciones dentro de la comunidad universitaria, sino que orienta las relaciones entre esta y los actores sociales.

La proyección universitaria adquiere su sentido a partir de una causalidad organizada entre la investigación, la educación y también la acción pública, siendo esta última la que modela el alcance de estas vinculaciones. Y esa mediación demanda una danza dialógica entre las perspectivas epistemológicas de una y otra parte, pues es dentro de la técnica apropiada que la investigación, por ejemplo, puede dar contenido científico a la acción pública. Esa concepción de la proyección universitaria expresada en la relación de diferentes espirales, por su dinámica circular y ascendente, se resume en la figura 1.

Figura 1 Síntesis gráfica del concepto de proyección universitaria impulsado por la VRIP de la URL



Fuente: elaboración propia.

Desde una perspectiva más sistémica, entonces, se puede afirmar que la estructura que le da contenido a la Vicerrectoría de Investigación y Proyección se organiza y opera atendiendo a la necesidad de cultivar estas relaciones recíprocas entre esos ámbitos de acción (es decir, la investigación, la educación y la acción pública para la proyección integral) que, como se indicó antes, son interdefinibles. Sería tan demagógico como inviable este planteamiento si no se recrearan las condiciones y se dispusieran los recursos para el encuentro de quienes, desde sus respectivas disciplinas y roles, darán profundidad y pertinencia al trabajo disciplinar, multidisciplinar, interdisciplinar y transdisciplinar para las pretendidas transformaciones en las personas, las comunidades y sus entornos como elementos concretos de la realidad.

Aquí hay que pausar y hacer énfasis en dos ideas y prácticas que se derivan de lo señalado anteriormente: las *condiciones para el encuentro* y la relación entre la *interdisciplina* y la *realidad compleja*.

2. Las condiciones para el encuentro

En el primer aspecto (las condiciones para el encuentro), hay que remitirse de nuevo a la estructura renovada de la VRIP (ver arquetipo sistémico al final) que consiste, esencialmente, en la red de vinculaciones dentro de esta con el resto de unidades de la Universidad y con los interlocutores externos. Es correcto decir, bajo esta óptica de vinculaciones, que el subsistema de investigación y proyección de la Universidad, aunque

tiene su núcleo en la VRIP, incluye a una alta porción de las unidades del SUL (si no es que a todas) y se sostiene y encuentra factibilidad en esta red de interacciones sistémicas.

Este subsistema, sobre la base de dicha estructura (recordando que no se hace referencia al sustantivo «estructura», sino al verbo «estructurar» relaciones), los marcos estratégicos y de operación que ofrecen las políticas y la AUI, respectivamente, se dinamiza gracias a la existencia de un conjunto de *instrumentos* y *mecanismos*, dentro de los cuales algunos deben ser explícitamente citados.

Uno que resulta esencial es el que denominamos «**carrera de investigación**», porque aborda la cuestión toral del subsistema de investigación y proyección, y tiene la triple finalidad de incentivar a las y los investigadores, asegurar la producción continua con los más altos estándares y sostener la continuidad del proceso investigativo en sintonía con la misión institucional. En el marco de este proceso (la carrera de investigación), se precisan los términos de una alianza entre la Universidad a través del reconocimiento formal de los méritos académicos progresivos (que se reflejan en una escala salarial) y el investigador a través de su desempeño. Se entiende que los contenidos de esa alianza deben conservar su vigencia permanentemente para que su cometido se vea reflejado en la producción de conocimiento nuevo, notable y trascendente.

Respecto a las dinámicas de trabajo colaborativo es menester mencionar, genéricamen-

te hablando, a los «**grupos de trabajo**». Complementariamente a la concepción rigurosa de las comunidades epistémicas³ en torno a la labor de investigación científica, que se abordan en la última sección, hemos fomentado un conjunto de grupos multidisciplinarios para impulsar el trabajo investigativo/educativo y de acción pública. Destacan las vinculaciones entre los institutos de investigación y el medio de comunicación *Plaza Pública*, para enlazar la investigación científica y la investigación periodística en torno a intereses académicos comunes; la Comisión de Planificación para asegurar el cambio dirigido a través del Plan Estratégico Institucional 2022-2030; el grupo de trabajo entre la VRIP y la Vicerrectoría Académica (VRAC) para el análisis de la factibilidad de una Escuela de Posgrado; el grupo de trabajo para el análisis de la concepción y praxis sistémica dentro de la Universidad, entre otros.

Además, se ha promovido un conjunto de *comisiones especiales* para el discernimiento colectivo, la colaboración y la consolidación de redes funcionales entre vicerrectorías y entre campus⁴. Por ejemplo, la comisión para el diseño y la puesta en marcha de los cursos de investigación que serán parte de las carreras de la totalidad de unidades facultativas en el marco del proceso de transformación educativa de la Universidad; la comisión para el diseño del programa doctoral en investigación interdisciplinaria y transformación social; la comisión para el análisis prospectivo; la comisión sistémica de proyección y sus res-

pectivas subcomisiones en los campus regionales, entre otras.

Respecto a la alianza entre la investigación y la proyección, son oportunos para ejemplificar esa relación interdefinible *los proyectos de campo*, los observatorios académicos y los centros integrales de proyección. Los proyectos de campo resultan esenciales como escenarios de la realidad donde se desarrolla de manera sinérgica la investigación, la educación y la acción pública. Generalmente, son auspiciados por las agencias de cooperación externa en el marco de arreglos interinstitucionales que cumplen tanto los objetivos de esas agencias de cooperación para el desarrollo como los objetivos universitarios. La continuidad de una cartera activa de proyectos está sujeta al éxito de la estrategia explícita para la gestión de la cooperación externa.

Los *observatorios académicos* privilegian ámbitos de acción que potencian la estrategia de proyección universitaria a partir de la evidencia que provee la investigación. Normalmente, atienden un ciclo de investigación, gestión de datos, emisión de posiciones sobre asuntos del ámbito de interés del observatorio y formación al respecto, gestión del aprendizaje y retroalimentación. La VRIP impulsa formalmente dos observatorios académicos: el Observatorio de Territorio y Clima (OTC), adscrito al Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna), y el Observatorio de Derechos

3 Una comunidad epistémica alude a grupos de personas que comparten dinámicamente conocimientos, competencias, experiencias, creencias y normas frente a un área de estudio particular para generar nuevos conocimientos con el potencial de influir sobre decisiones de política (Haas, 1992).

4 El Sistema Universitario Landívariano se integra por nueve campus universitarios distribuidos estratégicamente en diferentes regiones del país.

Económicos, Sociales, Culturales y Ambientales y Políticas Públicas (ODEP), adscrito al Instituto de Investigación en Ciencias Socio Humanistas (Icesh).

Una novedad del subsistema de investigación y proyección son los **Centros Integrales de Proyección (CIP)**, concebidos como escenarios de encuentro entre estudiantes, docentes, equipos de investigación y la población demandante de servicios. Resultan de una alianza entre las unidades facultativas de la VRAC y la VRIP para la provisión de servicios en los ámbitos de la capacitación comunitaria, la asesoría legal, el acompañamiento psicológico, la salud integral, la gestión ambiental, la asistencia en materia de ingeniería para la vivienda popular, la incubación de emprendimientos, entre otros ámbitos. La VRIP promueve la consolidación de los CIP en todos los campus universitarios del SUL.

Por otro lado, es preciso asegurar la disponibilidad, con suficiencia y continuidad, de recursos financieros para el despliegue de la Política de Investigación Universitaria y la Política de Proyección Universitaria, así como el conjunto de instrumentos que le dan contenido, especialmente la AUI. Para tal propósito, además del soporte convencional y recurrente de la infraestructura y los recursos para la labor investigativa, la VRIP ha puesto a operar el **Fondo de Investigación Landivariana (FIL)**, que anualmente crece en capital y por lo tanto en rendimientos financieros para nuevos proyectos de investigación. El FIL atiende con flexibilidad el ciclo de investigación que usualmente se ve truncado con los mecanismos administrativo-financieros convencionales. El FIL también es el mecanismo principal para articular los esfuerzos financieros propios con aquellos

que tienen origen en las fuentes externas anteriormente citadas.

En esta revisión de una muestra de instrumentos y mecanismos de investigación y proyección no puede faltar la mención de unidades estratégicas pequeñas, pero especializadas para atender los propósitos del subsistema. Trabajando en sintonía con los dos institutos de investigación (cada uno con cuatro departamentos para el trabajo interdisciplinar) y las unidades facultativas de la VRAC, destaca el **Centro Científico y Tecnológico Landívar (TEC-Landívar)**, que ofrece un conjunto de capacidades logísticas en la forma de laboratorios, talleres y salas de trabajo con recursos para la investigación básica y aplicada, el soporte de las prácticas educativas y los servicios de proyección especializados.

La Unidad de Información Estratégica (UIE) administra y resguarda datos en series de tiempo, gestiona sistemas de información geográfica, asiste en materia de procesamiento de datos y resguardo de información, y provee soporte a la planificación estratégica y operativa de la Universidad.

La **Unidad de la Revista Eutopía** es la entidad que garantiza el dominio técnico y la continuidad de todos los procesos relativos a la gestión permanente de una revista con certificación internacional. La revista Eutopía se gestiona desde la **Dirección General de Producción y Difusión Editorial (Digid)**, entidad que emite disposiciones y coordina, en general, la producción editorial del Sistema Universitario Landivariano.

La Unidad Universitaria de Planificación Estratégica y Prospección (Uplan), en sin-

tonía con la Comisión de Planificación que coordina la VRIP, apoya el proceso de planificación estratégica de todo el SUL y, por medio de estudios prospectivos, apoya la gestión del riesgo en diferentes niveles de organización. Por otra parte, **el medio de comunicación Plaza Pública (PzP)** está especializado en investigación periodística en el ámbito nacional e internacional; su trabajo complementa la labor de investigación y proyección y, al interactuar con los institutos de investigación, se enriquecen mutuamente.

Finalmente, la **Semana Científica** es un espacio anual de reunión para el examen crítico de la investigación y la proyección universitaria. La iniciativa de la Semana Científica, en el sentido de una pausa ignaciana, pero desde la perspectiva secular, tiene varias finalidades, dentro de las cuales destacan: unir a la comunidad universitaria y otros actores en torno del debate y el examen crítico del conocimiento generado a partir de la investigación; conocer el punto de vista de los otros; ponderar los progresos y sus alcances; identificar vacíos conceptuales, metodológicos y la posible desatención de fenómenos relevantes; dimensionar los recursos disponibles y los faltantes; y, por qué no, valorar y reconocer aquello que habilita este espacio y hace factible el trabajo investigativo y de proyección, que en un escenario como el de la Semana Científica Landivariana encuentra un desenlace importante.

En síntesis, las condiciones que provee el subsistema de investigación y proyección de la Universidad Rafael Landívar, sostenido y animado por la VRIP, permiten recordar permanentemente y mantenernos cerca de esa pretensión que ha motivado,

durante siglos, a los filósofos y a los epistemólogos, que es la de otorgar certidumbre al conocimiento del espacio, el tiempo y la causalidad de una variedad de fenómenos de interés social que configuran lo que llamamos realidad.

3. Breve referencia histórica del progreso epistemológico y los paradigmas de investigación

Sobre esa pretensión de certidumbre del conocimiento, los conceptos y las teorías científicas resulta útil hacer una referencia histórica, aunque sea breve, para darle asidero a la concepción de la relación entre interdisciplina y realidad compleja que mencioné antes. Hay que decir que esa pretensión viene, por lo menos, desde hace quinientos años y encuentra un hito desde que los aportes de Newton, en la segunda parte del siglo XVII, condujeron a la aceptación de la existencia de leyes naturales que deben ser desentrañadas, terminando así con la dictadura de la teología que dominó la época medieval y, ya en el Renacimiento, facilitando el florecimiento de la filosofía moderna a partir de las ideas de Descartes, surgiendo un acuerdo entre los ámbitos de acción de la ciencia y la filosofía.

Respecto a los sucesivos progresos de la teoría de la ciencia, el epistemólogo argentino-mexicano Rolando García Boutigue describe lo que él llama dos grandes derrumbes epistemológicos de la historia (García, 2006). El primero, a principios del siglo XX, cuando la filosofía especulativa (que incluye las diferentes concepciones de apriorismos) debe

renunciar a fundamentar los conceptos de la ciencia (a pesar de los grandes aportes que hace Kant). De este hecho surge lo que se denominó la «teoría de la ciencia» y que, por instancias de Bertrand Russell en su obra *Los fundamentos de la geometría*, se denominaría, hasta nuestros días, epistemología (distinto a la denominación de la «teoría del conocimiento» que habían utilizado los filósofos). El segundo derrumbe epistemológico ocurre a mediados del mismo siglo XX, cuando se concluye, con evidencia, sobre la insuficiencia de la corriente epistemológica del empirismo para fundamentar el conocimiento y todos los conceptos científicos. Kuhn, Popper, Lakatos, por ejemplo, dice García (2006), ya no investigan cómo se genera el conocimiento, sino cómo se valida el conocimiento científico a partir de las herramientas disponibles, especialmente los notables avances del empirismo para fundamentar la ciencia. Algunos pensadores actuales ubican estos aportes dentro de la sociología de la ciencia y no dentro de la epistemología. ¿Qué vino después?

Siempre de manera resumida y sobre los aciertos y desaciertos anteriores, cobran relevancia los aportes de la epistemología genética y el constructivismo de Jean Piaget. Él plantea, en síntesis, que el conocimiento se construye en la interacción con los objetos y sujetos, pero, en esencia, lo que se construye es la forma de organizar las interacciones con el mundo exterior, con la realidad. Y en esa organización para producir el conocimiento científico, tal como lo conocemos ahora, se recurre a los denominados «paradigmas de investigación»: por un lado, el positivista y sus desarrollos posteriores (contar, pesar, medir, es decir, más cuantitativo); y por otro, el paradigma hermenéutico

(dar sentido a los fenómenos, es decir, más cualitativo).

Frecuentemente, nuestras investigaciones recurren a una combinación de estos paradigmas y es en atención de otros criterios de demarcación de la labor de investigación, como una institución social, que se eligen programas funcionales o críticos al orden de las cosas. Es también en el seno de las instituciones que se establecen los criterios ético-políticos que nos alejan de la inexistente neutralidad.

4. Interdisciplina y sistemas complejos

Para retomar la segunda idea que planteé antes acerca de la interdisciplina, nuevamente resulta útil la perspectiva de Rolando García Boutigue (2002), quien precisamente contribuyó junto con Piaget en la concepción, exposición y validación de la epistemología genética y el constructivismo. García Boutigue hace énfasis en dos elementos esenciales del proceso de la investigación científica que tienen mucha actualidad.

El primero es que en el proceso investigativo se recurre a un «recorte de la realidad» que constituye el dominio empírico. Es decir, el objeto de la investigación. Simultáneamente, se debe desarrollar, como sabemos, el *marco epistémico* que incluye los objetivos, las preguntas de investigación y, esencialmente, un marco teórico y un marco metodológico que deben concebirse como una sola entidad. El segundo elemento en el que enfatiza García Boutigue es que ese recorte debe asumirse como un sistema complejo, en el sentido que incluye diversos fenómenos de la realidad articulados, con escalas

temporales y espaciales variables, con diversas causalidades no lineales, con diferentes niveles de organización y cuya complejidad escapa de la capacidad analítica de una disciplina.

Es frente a esta concepción sistémica compleja inherente a la realidad que aflora la necesidad de organizar grupos de trabajo interdisciplinar que no se enfoquen en ensamblar resultados de lecturas disciplinares, sino en plantear las preguntas y definir la entidad conceptual-metodológica desde el inicio del proceso investigativo, para arribar a hallazgos que permitan interpretar más fielmente esos sistemas complejos. Bajo estas consideraciones, es razonable esperar que la interdisciplina constituya un terreno fértil para la generación de nuevos conceptos en las ciencias naturales y sociohumanistas, aunque tal pretensión demanda importantes dosis de creatividad y humildad para reconocer limitaciones disciplinares y también sensibilidad para reconocer otros aportes.

5. La lógica del proceso investigativo en el aula y espacios de enseñanza-aprendizaje

En la larga y fructífera tradición educativa de las universidades que integran el apostolado intelectual de la Compañía de Jesús, el llamado paradigma pedagógico ignaciano (PPI) mantiene un lugar central y, en muchos casos, considerado, subutilizado. En este paradigma subyace, de manera pionera, el rigor de los más sofisticados paradigmas de investigación vigentes en nuestros días. Este pionero PPI nos induce a situar la reali-

dad en su contexto, experimentar vivencialmente, reflexionar sobre esa experiencia, actuar consecuentemente y evaluar la acción y el proceso seguido. Estos conceptos son compatibles, en su sentido procesual, con los que he citado antes y resultan centrales en un proceso investigativo. Es decir, los conceptos de marco epistémico (cuya esencia es un *marco conceptual y metodológico*, concebido como una sola entidad) y de dominio empírico, es decir, el recorte de la realidad que se constituye como *objeto de investigación*.

Lo que se busca destacar con estos breves párrafos es que el aula —y cualquier otro espacio de encuentro entre docentes y estudiantes— debe recrear, consciente y sistemáticamente, la lógica del proceso investigativo, ya sea a la luz del PPI o bien de las consideraciones básicas del ciclo de la investigación que se muestra en la espiral correspondiente a la investigación en la figura 1. En esencia, al profesor le corresponde hacer un planteamiento claro y coherente sobre el marco epistémico, proponer los marcos teóricos, los conceptos, los marcos analíticos y otros elementos disponibles para fundamentar «un asunto» de la clase. A su vez, debe ofrecer los marcos metodológicos consecuentes con aquellos marcos teóricos, para que las y los estudiantes lleven tales conceptos a niveles operacionales y vivenciales (cuando aplique) para abordar casos problemáticos o virtuosos de fenómenos de la realidad. Esta es una vía poderosa que permite afianzar en el aula el pensamiento crítico, en el sentido de que el estudiante desarrolle o consolide la capacidad de tomar distancia de las propias percepciones, intereses y juicios autoevidentes

o autorreferenciales que surgen con relación a la sociedad y a la persona, de modo que se trascienda la propia posición ideológica mediante la búsqueda sistemática de la verdad. Y también, para que sus posiciones, frente a la realidad, sean emancipadoras.

Como corolario de los contenidos anteriores se puede señalar que un proceso riguroso de enseñanza-aprendizaje descansa en los fundamentos teórico conceptuales y metodológicos que ofrece el docente e, irrenunciablemente, los libros y lecturas en general, para el dominio disciplinar teórico-práctico, y para comprender las razones históricas y los contextos espaciales, así como las relaciones causales que atañen a esas disciplinas y los fenómenos que abordan. Una cultura amplia y un aprendizaje disciplinar profundo para la acción interdisciplinar, son el móvil de todo proceso educativo que aprecia la investigación y su virtud creativa. Sin este enfoque, la enseñanza de competencias, por su naturaleza instrumental, será insuficiente para la formación de personas plenas y críticas frente a la complejidad del mundo.

6. El impacto de la investigación y sus condicionantes

Respecto al impacto de la investigación (reconociendo, por supuesto, que hay otros saberes ancestrales y conocimiento común esenciales para la vida en sociedad y que generalmente se integran bajo enfoques de trabajo transdisciplinar), la clave está, según mis apreciaciones, en preguntarnos y respondernos sobre la relevancia que tie-

ne la investigación en la construcción de sociedades democráticas, verdaderamente democráticas.

En Guatemala, nuestro país, puedo adelantar que nos encontramos «cuesta arriba», esencialmente, porque carecemos de un ejercicio virtuoso de la política (como arena donde se debaten sanamente concepciones y modos de proceder sobre las vías más factibles para el bien común) y de la política pública, donde la ciencia debería encontrar sus principales interlocutores. No quiero decir que la investigación no esté generando evidencia y soluciones tecnológicas que resuelvan problemas prácticos de diferentes escalas, ni tampoco pretendo reivindicar un determinismo cientificista.

Lo que señalo es que el poder dominante tiende a rechazar la evidencia científica, precisamente, por el potencial que tiene en la transformación de los órdenes establecidos. Es por esa razón que se deben dedicar importantes esfuerzos a descifrar y explicar la razón del rechazo a la evidencia derivada de la investigación científica, las razones estructurales, las raíces.

Para dar un marco general sobre este rechazo y de este proceder que condiciona el impacto de la investigación científica, abordaré solamente dos ideas para su consideración en el trabajo cotidiano.

Primero, existe una narrativa dominante, colonizadora, y acciones alrededor de unos conceptos que han sido vaciados de su contenido potencialmente virtuoso, cargados de ideologías y pautas normativas y utilizados como fachada de bienestar so-

cial mientras se moldean comportamientos que perpetúan estructuras de poder y privilegio que benefician a grupos reducidos, en detrimento de la mayoría de personas y comunidades. Por ejemplo, el concepto de desarrollo, el de desarrollo sostenible, el de competitividad, el de globalización o el mismo concepto de democracia liberal.

Hay numerosos ejemplos de discursos de progreso en la industrialización o la urbanización a expensas de los bienes de las comunidades rurales y los entornos naturales; grandes emprendimientos con inversiones masivas localizadas en centros de privilegio en detrimento de la educación, la salud, la alimentación, la vivienda o la conectividad en territorios rurales; énfasis o manipulación de estadísticas macroeconómicas que favorecen a los grandes capitales en lugar de analizar los indicadores de bienestar social o calidad ambiental ligados directamente a la calidad de vida de la población en general; manipulación electoral para legitimar a grupos privilegiados, favorecer selectivamente a cierto actores y normalizar regímenes autoritarios; control y manipulación de medios de comunicación que moldean la opinión pública en favor de intereses particulares y en detrimento de voces disidentes y derechos materiales y simbólicos; entre otros.

La segunda idea, o más bien, un conjunto de ideas complementarias que son útiles para delinear este marco general que condiciona el impacto de la investigación, están basadas en los aportes que hace David Harvey cuando habla de los horrores del neoliberalismo como doctrina dominante del capitalismo tal como lo conocemos. En resumen, dice que en este orden económico-político

(yo diría, en nuestro caso, neoliberal con democracia procesual, pero carente de impacto en términos de igualdad y libertad general), la correlación de poder siempre tiende a la dominación de unos en detrimento del bien común; la disputa siempre es ideológica porque detrás de cada decisión hay unas concepciones que se imponen, unos instrumentos *ad hoc* y unos conglomerados de agentes que, al ser beneficiarios del orden dominante (por derrame), funcionan como defensores activos o pasivos de esa ideología dominante.

La política corrupta es necesaria para la desregulación (laboral, ambiental, entre otros vicios) y los corruptos de turno, una vez cumplida su función, son desechados como fusibles quemados. Luego de unos vendrán otros. La razón moral no funciona con las élites de poder, aliados y peones que practican y se benefician de la cooptación institucional. El sistema siempre tiende a apropiarse de la solución moral para desvirtuarla porque el sistema, en realidad, es amoral. El móvil de todo es la acumulación del capital, su expansión temporal y espacial.

Por eso, hay que reorganizar el sistema para amputar recurrentemente las lógicas amorales de reproducción (entendida esa amoralidad como el bloqueo a la materialidad de la vida — además de la salud psicológica y espiritual—, el consenso social y la factibilidad de los derechos humanos). La reorganización puede ir creando contradicciones y alternativas.

En suma, frente a esta realidad guatemalteca con sus viejos y nuevos problemas desalentadores, agotadores, acerca de los cuales no hay que claudicar, al subsistema de investigación y proyección landivariano

le corresponde, entre otras cosas, clarificar: ¿cuáles son las nuevas preguntas de investigación interdisciplinar que nos debemos hacer? ¿Cómo incidirán esas respuestas en la reorganización del sistema del país y su orden vigente para dar factibilidad a un orden virtuoso que permita la plenitud de la vida?

7. Síntesis de la estructura del subsistema de investigación y proyección

Las vinculaciones que se derivan de los preceptos desarrollados anteriormente tienen soporte en la estructura que se presenta en la figura 2. El punto de partida, desde donde se activan las espirales integrantes de la concepción de proyección presentada en la figura 1, es la investigación y dentro de la estructura de la VRIP, la columna vertebral está constituida por los dos institutos de investigación: el Icesh y el Iarna. Cada uno se estructura internamente a partir de cuatro departamentos. En el caso del Icesh, los departamentos son: a) Departamento de Ciencias Económicas; b) Departamento de Ciencias Humanísticas; c) Departamento de Ciencias Jurídicas y Políticas; y d) Departamento de Estudios sobre Dinámicas Globales y Territoriales. En el caso del Iarna, se conforma por: a) Departamento de Ciencias Ambientales; b) Departamento Interdisciplinar de Ambiente y Economía; c) Departamento de Tecnología; y d) Departamento de Ciencias de la Salud.

El Icesh organiza sus capacidades investigativas (y también de educación y acción pública para la proyección) en torno

al programa de investigación denominado «Sociedades historizadas en movimiento: intercambio plural y multicultural en la realización integral de la vida y sistemas democráticos». El programa, desarrollado en campos, líneas y proyectos de investigación, alberga desde el punto de vista conceptual, metodológico, epistemológico y ontológico a cinco comunidades epistémicas interdisciplinarias: modelo económico y dinámicas territoriales; economía, urbanismo y ambiente; derechos humanos y políticas públicas; historia y memoria, democracia, justicia y Estado de derecho; y dilemas socioculturales contemporáneos.

De igual manera, el Iarna organiza sus capacidades investigativas (y también de educación y acción pública para la proyección) en torno al programa de investigación denominado «Ecología integral en Mesoamérica: hacia la comprensión y la reconfiguración de las interacciones sociedad-naturaleza para conservar, restaurar y gestionar territorios resilientes y funcionales al bien común». El programa, desarrollado en campos, líneas y proyectos de investigación, alberga desde el punto de vista conceptual, metodológico, epistemológico y ontológico a siete comunidades epistémicas interdisciplinarias: evaluación ambiental, paisajes funcionales, riesgo sistémico, tecnología para el bien común, economías regenerativas, economía ecológica y salud integral.

Una comunidad epistémica adicional que se impulsa por los dos institutos es la de «Espacios urbano-rurales: ecología, movilidad humana y bienestar».

El cometido de los programas de investigación es generar conocimiento nuevo y pertinente que tenga el potencial de modificar la correlación de poder para generar nuevos balances prodemocráticos frente a cinco nodos que estructuran el orden vigente de la sociedad guatemalteca. Estos nodos que se desarrollan con precisión en el documento de la Agenda Universitaria de Investigación solamente se citan aquí: a) la globalización conflictiva y homogeneizadora que alienta correlaciones de poder global que amplían la brecha de desigualdad inter e intranacionales; b) el modelo económico concentrador, excluyente, extractivo y contaminante que compromete el bien común; c) el sistema social y político de exclusiones y de degradación y captura de la función pública en favor de la acumulación de minorías que impiden la vida ciudadana y social plena; d) el agotamiento, la degradación y la contaminación de la naturaleza y el riesgo sistémico para la vida; y e) la deuda de la tecnología con el bien común.

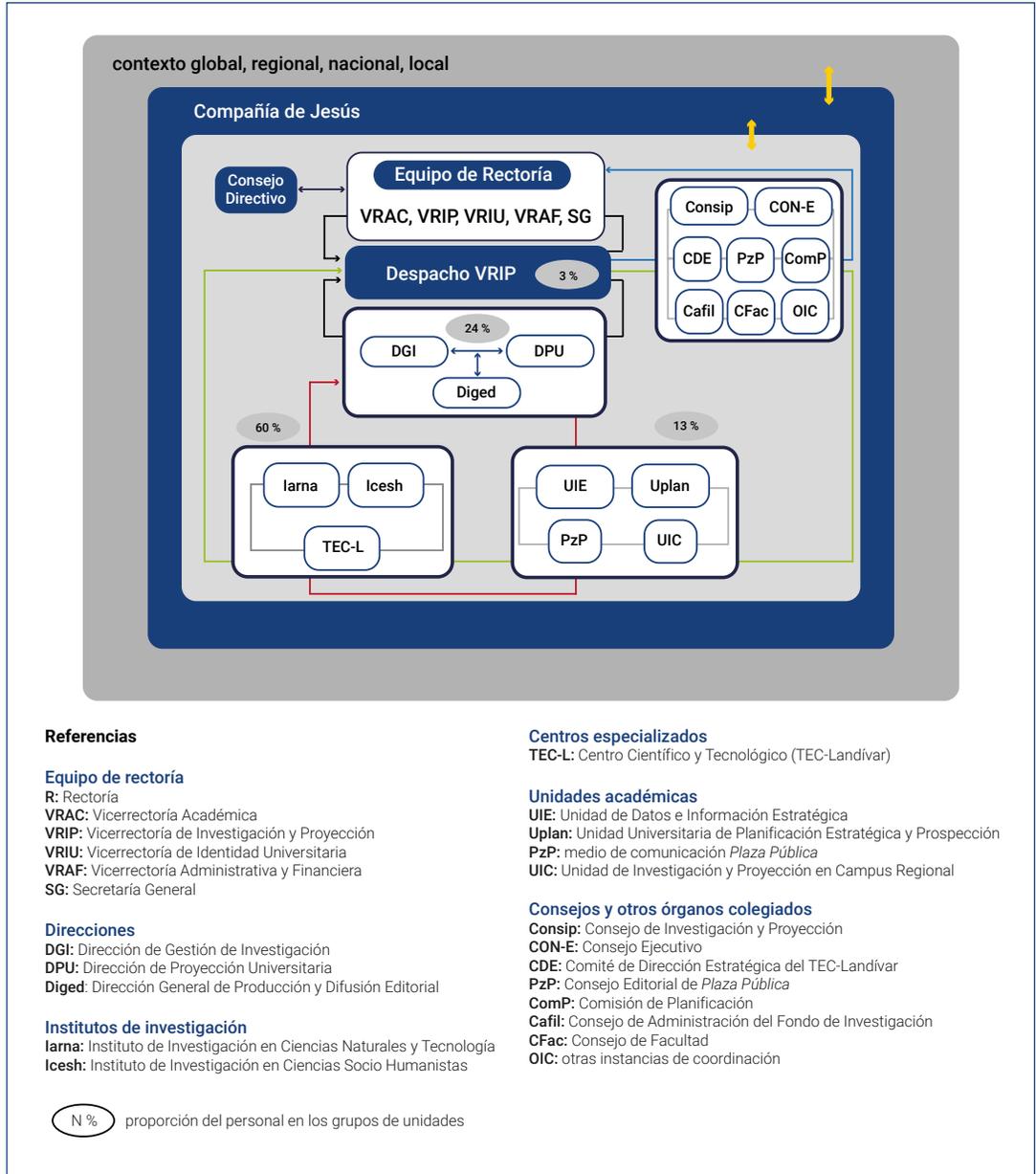
Los institutos de investigación interactúan dinámicamente con el conjunto de unidades

y con los diferentes instrumentos y mecanismos que fueron abordados previamente. Además, todas las unidades integrantes de la estructura están sujetas a un proceso de rendición de cuentas y retroalimentación frente a las instancias colegidas institucionalmente, que también se incluyen en la figura 2.

Validando todas las aspiraciones que se han incluido a lo largo del texto también las situamos en sintonía con la aspiración del cambio cultural que se deriva de la integridad de la proyección a partir de la investigación, la educación y la acción pública. El cambio cultural virtuoso opera a través de la promoción de valores, normas, conocimientos, prácticas y creencias que inducen comportamientos compasivos, conscientes, comprometidos y coherentes, y permiten una interpretación del mundo rigurosa y apegada a la verdad y a la justicia. En estas interpretaciones es esencial reconocer las correlaciones de poder que sostienen estructuras contrarias al bien común que deben ser desmanteladas con la alianza entre la evidencia científica y la sensibilidad social que nutre la esperanza.

Figura 2

Estructura de soporte a la vinculación del subsistema de investigación y proyección de la URL, bajo la conducción de la VRIP



Fuente: elaboración propia.

Referencias

Gálvez, J. (2022). *Sistema de Investigación y Proyección Landivariana*. Vicerrectoría de Investigación y Proyección, Universidad Rafael Landívar.

García, R. (2002). *Sistemas complejos: conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa.

García, R. (2006). Epistemología y teoría del conocimiento. *Salud Colectiva*, 2(2), 113-122.

Haas, P. M. (1992). Introduction: epistemic communities and international policy coordination. *International Organization*, 46(1), 1-35



entrevistas

Reflexiones sobre el tema del agua en Guatemala

Transcripción¹

Thoughts on the topic of water in Guatemala

Juventino Gálvez²

1. ¿Cuáles son las principales problemáticas relacionadas con el suministro y la calidad del agua que enfrenta Guatemala actualmente?

Con respecto al suministro, el problema clave es la escasez en el sentido de que, a estas alturas del siglo, no hemos logrado una cobertura universal nacional para consumo humano, con mayor severidad, como es usual en varios indicadores de bienestar, para el área rural.

Tampoco hay suficiencia y continuidad para actividades agrícolas, especialmente las de pequeña escala y de las cuales depende la producción de alimentos para autoconsumo y mercados locales.

1 Transcripción de entrevista realizada al Dr. Juventino Gálvez por el grupo técnico de apoyo a la licenciada Patricia Orantes, diputada de Movimiento Semilla, en marzo del 2024.

2 Universidad Rafael Landívar, actualmente Vicerrector de Investigación y Proyección. De formación Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Maestro en Ciencias en Manejo y Conservación de Biodiversidad, Doctor en Ciencias Políticas y Sociología. Responsable de la concepción, diseño y puesta en marcha del actual Sistema de Investigación y Proyección de URL; ex director y fundador del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna); ex Secretario Ejecutivo del Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala desde cuyo rol cumplió el Acuerdo de Paz relativo al otorgamiento de concesiones de manejo de recursos naturales a grupos comunitarios organizados; ex Presidente de la Junta Directiva del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza con sede en Costa Rica. Correo electrónico: vrip@url.edu.gt <https://orcid.org/0000-0003-0675-1959>

La calidad, por su lado, es un agravante, pues cuando se accede, aun con insuficiencia, es común que el agua, especialmente para con-

sumo humano, se haya contaminado, desencadenando otros males que afectan la salud de las personas, especialmente de los niños.

2. ¿Cómo ha cambiado la situación de la cantidad y calidad del agua disponible para la población, la economía y el medioambiente a lo largo del tiempo?

La escasez y la mala calidad del agua es un problema distintivo, por lo menos, para lo que va del presente siglo. La competencia por un bien escaso, derivada del crecimiento poblacional y de las demandas de la economía, así como las distorsiones del ciclo hidrológico (especialmente la intensidad, la distribución y la frecuencia de las lluvias) asociadas al cambio climático son factores agravantes que explican lo que se puede tipificar como una crisis crónica del agua, que no tiene suficiente espacio ni mediático ni en la arena política.

Y aquí es importante hacer dos aclaraciones. La primera es la diferencia entre la disponibilidad nominal y la disponibilidad real de agua. La primera, en términos prácticos, resulta ilusoria porque, aunque los volúmenes de lluvia son materialmente grandes, más del 60 % fluye por el territorio contaminándose hasta llegar al mar. Poco queda en los cuerpos de agua y en los acuíferos subterráneos. La disponibilidad real, por un lado, y el acceso, por otro, es muy limitado, configurando ese estado de escasez al que ya me referí.

3. ¿Qué medidas se han adoptado desde el ámbito público para resolver el problema de la escasez?

Me parece que hay una política implícita que permite que el agua sea acaparada por quien tiene más poder y recursos. A partir de este telón de fondo, la gestión municipal para garantizar acceso en cantidades y calidades suficientes a toda la población solo puede calificarse de mediocre y fracasada. Esta gestión, sobre todo en las ciudades, ha tenido como objeto principal el agua almacenada en los acuíferos subterráneos, hecho que ha llevado a la sobreexplotación. La literatura especializada advierte de una correlación entre la sobreexplotación de acuíferos y hundimientos diferenciales, así

como un aumento en la vulnerabilidad frente a sismos.

En una estrategia hidrológico-forestal de largo plazo, hay medidas de escala larga y de escala más corta. Los acuíferos deben gestionarse en una escala larga, por los largos periodos que se requieren para su recuperación. La utilización del agua de lluvia, especialmente la que alimenta cuerpos de agua naturales como lagos y ríos, y la infraestructura hidráulica de diferente tamaño según los balances hídricos territoriales (me refiero a la relación entre demanda y oferta de

agua), son parte de la escala corta en la solución. Sin infraestructura construida y sin la gestión de los ecosistemas que son los que

permiten la funcionalidad del ciclo hidrológico, no es factible una estrategia exitosa de largo plazo.

4. ¿Por qué es necesaria una Ley de Aguas para mejorar la situación en el país?

Una Ley de Aguas es necesaria porque delimita un espacio de interés social y lo norma para garantizar el acceso equitativo del agua para un conjunto de necesidades sociales adecuadamente jerarquizadas, procurando su disponibilidad y acceso en el largo plazo con calidad. Esa jerarquización debe

incluir, ineludiblemente, la garantía universal del consumo humano, las necesidades de la economía en diferentes escalas y la garantía de mantener la integridad de los ecosistemas priorizados que permitirán la funcionalidad del ciclo hidrológico.

5. ¿Qué expectativa tiene acerca de la Ley de Aguas y sus beneficios para la población en general?

Hay que señalar claramente que una ley no es el fin de la historia, sino más bien el inicio de un proceso que promete un cambio virtuoso y que demanda un compromiso que se corresponde con la relevancia y complejidad del asunto en cuestión. En este contexto, mi expectativa mínima es, primero, que la ley permita una reorganización de la institucionalidad (incluyendo la supresión o creación de nuevas entidades).

Segundo, que la ley viabilice una dotación de recursos financieros tanto para la gestión ordinaria del agua como para hacer inversiones extraordinarias estratégicas, que nos permitan ponernos al día con respecto a

la necesidad de garantizar la disponibilidad y el acceso universal con calidad. Tercero, que la ley permita dotar al país de talento humano que haga inteligencia permanente, no solo para resolver las necesidades inmediatas, sino también para adelantarnos a escenarios catastróficos, derivados ya sea de las incertidumbres que acompañan al cambio climático, o de la conflictividad social frente a un bien escaso.

Mi expectativa en síntesis es que el país sea un ejemplo de humanidad para administrar el agua y que eso abone a una vida digna para todas y todos y contribuya a la paz social.

Esta publicación se distribuye de forma digital,
fue finalizada en diciembre de 2024.

Christopher Clavius (1538-1612) fue un científico jesuita que destacó en ciencias como la matemática y la astronomía. Esta revista, que conmemora a este importante personaje, es un esfuerzo conjunto entre el Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna) y la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas (FCAA) de la Universidad Rafael Landívar, que forman parte de la red de universidades jesuitas en el mundo.

La revista es un espacio académico de acceso abierto en donde se difunden contribuciones técnico-científicas y los resultados de la investigación que realizan quienes integran el Sistema Universitario Landivariano (investigadores, catedráticos y estudiantes) y académicos externos que deseen publicar contenidos originales, innovadores, creativos, especializados y pertinentes para dar a conocer la realidad internacional, regional y nacional en torno a los temas que impulsa la agenda de investigación de la Universidad Rafael Landívar (URL).

Las contribuciones a *Clavius. Revista académica de ciencia y tecnología* enfatizan la necesidad de identificar, comprender y repostar las leyes y principios que rigen el funcionamiento de los ecosistemas y condicionan la factibilidad y continuidad de la vida en todas sus formas. Para estructurar y orientar dicho cometido, se propone que las contribuciones se centren en investigación científico-crítica sustentada en la noción de «ecología integral», en la búsqueda de la comprensión y la reconfiguración de las interacciones sociedad-naturaleza para conservar, restaurar y gestionar territorios resilientes y funcionales al bien común. En términos generales, se abordan temas relacionados con: la ecología, el estado y las tendencias de los bienes naturales, la biología y los límites para la vida, la ecología y las condiciones ambientales para la vida, la economía ecológica, la agroecología, la ecología política, los procesos de determinación de salud-enfermedad, la epidemiología, daños y riesgos de la salud-enfermedad, la salud pública, la ciencia de datos y la ingeniería y arquitectura para la gestión ambiental y urbana.

La revista tiene una periodicidad semestral, se publica en formato digital y cuenta con el soporte de un Comité Editorial y de revisores invitados. Inicia su recorrido con la perspectiva de alcanzar gradualmente el arbitraje académico y reconocimiento internacional.

