

INFORME DE LABORES

2010 - 2020



10
AÑOS

Contribuyendo
a la **mitigación**
y **adaptación** al
cambio **climático**



Instituto Privado de Investigación
sobre Cambio Climático

INFORME DE **LABORES** 2010 - 2020

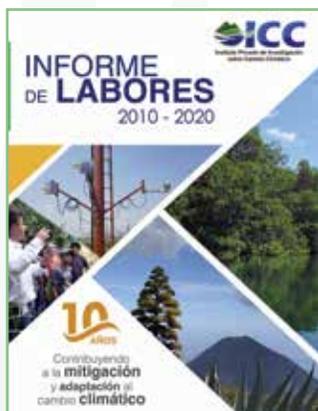


Contribuyendo
a la **mitigación**
y **adaptación** al
cambio **climático**

Guatemala | El Salvador
Centroamérica
www.icc.org.gt - www.icc.org.sv

Nuestra portada

Kelly Rosales y Kevin Roger Pérez



Cita Bibliográfica

ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático). 2020. Informe de Labores ICC 2010-2020. Guatemala. 102 pp.

Comité editorial

Ph.D. Alex Alí Guerra Noriega

Director General

Ph.D. Luis Alberto Ferraté Felice

Asesor científico

M.Sc. Óscar Guillermo González

Coordinador del Programa Gestión de Proyectos y Cooperación

M.A. Pablo Yax López

Coordinador del Programa de Desarrollo de Capacidades y Divulgación

M.Sc. Marco Tax Marroquín

Coordinador del Programa Sostenibilidad de Sistemas Productivos

Lic. Kevin Roger Pérez Suñiga

Comunicador Social

ISSN 2520-999X

Diseño e impresión:



3a. avenida 14-62, zona 1
PBX: (502) 2245-8888
www.serviprensa.com

Diagramación: Nancy Sánchez

Revisión textos: Jaime Bran

Esta publicación fue impresa en julio de 2020.

La edición consta de 300 ejemplares en papel couche 80 gramos.



Contenido

Visión	4
Misión	4
Objetivos	4
Organigrama	5
Asamblea General	6
Junta Directiva 2019-2020	7
Comité Técnico Asesor 2020	8
Consejo Consultivo ICC 2011-2020	9
Equipo ICC 2019 y 2020	10
Resumen Ejecutivo	
10 años de labores en perspectiva	19
Executive Summary	
10 years in perspective	21
Información y análisis hidrometeorológico e hidrogeológico	23
Investigación y Manejo de Inundaciones	34
Gases de Efecto Invernadero	36
Gestión Ambiental	50
Protección y restauración de bosques	54
Estudios sobre erosión y conservación de suelos en la vertiente del Pacífico de Guatemala y en El Salvador	62
Manejo Integral del Agua	71
Prácticas de Adaptación	74
Gestión de Riesgo	85
Desarrollo de Capacidades	90
ICC en El Salvador	92
Estudios e investigaciones efectuadas	93
Financiamiento	94
Proyectos	95
Convenios	98
Socios del ICC 2011-2020	99
Municipalidades con las que hemos trabajado en conjunto uno o más años	100



Visión

Ser una institución privada líder en investigación y desarrollo de proyectos para la mitigación y la adaptación al Cambio Climático en las comunidades y los sistemas productivos de la región mesoamericana.



Misión

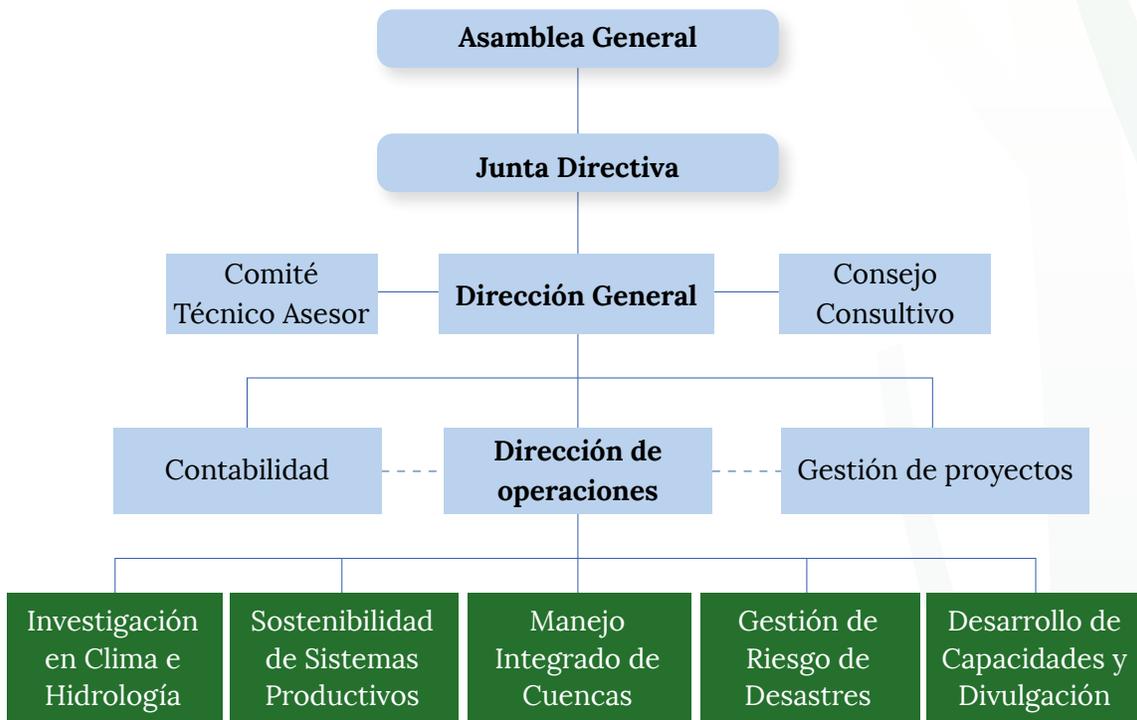
Crear y promover acciones y procesos que faciliten la mitigación y la adaptación al cambio climático en la región con base en lineamientos técnico-científicos y económicamente viables.



Objetivos

- Desarrollar investigación aplicada para generar conocimiento técnico-científico sobre el cambio y la variabilidad climática, la mitigación y la adaptación.
- Aportar a la disminución de la vulnerabilidad y a facilitar la adaptación al cambio y la variabilidad climática.
- Contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y con la fijación de carbono.
- Apoyar a sus miembros y a distintos actores clave en la gestión ambiental aplicada.

Organigrama



Asamblea General

Empresa o institución

Ingenio San Diego/Trinidad	Miembro fundador
Ingenio Pantaleón	Miembro fundador
Ingenio Concepción	Miembro fundador
Ingenio Palo Gordo	Miembro fundador
Ingenio Madre Tierra	Miembro fundador
Ingenio El Pilar	Miembro fundador
Ingenio Santa Teresa	Miembro fundador
Ingenio La Sonrisa	Miembro fundador
Ingenio La Unión - Los Tarros	Miembro fundador
Ingenio Santa Ana	Miembro fundador
Ingenio Magdalena	Miembro fundador
Asociación de Azucareros de Guatemala - ASAZGUA	Miembro fundador
Ingenio Tululá	Miembro desde 2015
Asociación de Productores Independientes de Banano - APIB	Miembro desde 2015
Compañía Azucarera Salvadoreña -CASSA	Miembro desde 2019
Grupo Palo Blanco S.A	Miembro desde 2019

Junta Directiva 2019-2020

Cargo	Representante
Presidente	Ing. Mauricio Cabarrús
Vicepresidente	Ing. Herman Jensen
Secretario	Ing. Jorge Sandoval
Tesorero	Ing. Max Zepeda
Vocal Primero	Dr. Mario Melgar
Vocal Segundo	Ing. Luis Miguel Paiz
Vocal Tercero	Lic. Julio Mérida
Vocal Cuarto	Ing. Roberto Ranero
Vocal Quinto	Ing. Leonardo Cabrera
Vocales Adjuntos	Licda. María Isabel Leal, Lic. Jaime Botrán/Ing. Juan Luis Gómez, Ing. José Tulio González, Ing. Wilfredo Márquez e Ing. Francis Bruderer, Lic. Jorge Moreno (suplente), Ing. Melvi Roque (suplente)
Asesor Financiero	Lic. William Calvillo
Director General	PhD. Alex Guerra

Comité Técnico Asesor 2020

Representante	Ingenio/institución
MSc. Roberto del Cid y MSc. Corina Linares	Pantaleón – Concepción
Ing. Erick Castillo y Lic. Mario Castellanos	Palo Gordo
Ing. Mynor Chévez	Magdalena
Ing. Carlos Echeverría e Ing. Stive Avila	Madre Tierra
Ing. Carlos Cabrera	El Pilar
Ing. Enrique Fong e Inga. Karen Barrera	Santa Ana
Ing. Oscarrené Villagrán	San Diego/Trinidad
Ing. Jacobo Esquite	Santa Teresa
Ing. Jorge Calderón	La Unión/Los Tarros
Ing. José Gualip	Tululá
Ing. Melvi Roque	Grupo CASSA
Dr. Gerardo Espinoza e Ing. Héctor Monterroso	CENGICAÑA
Ing. David Chinchilla e Inga. Cindy Estrada	Asociación de Productores Independientes de Banano - APIB
Ing. Gabriel Aragón	Palo Blanco
Ing. Darío Morales	APIB/Plantaciones Nahualate
Ing. Alejandro Chacón	APIB/Grupo HAME

Consejo Consultivo ICC 2011-2020

Representante/s	Institución
Dr. Edwin Castellanos	Universidad del Valle de Guatemala
Licda. Ana Lucía Orozco Licda. Flor Bolaños e Ing. Julio Martínez	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – Guatemala (PNUD)
Ing. Ogden Rodas	FAO Guatemala
M.Sc. Jaime Carrera	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), Universidad Rafael Landívar
Dr. Luis Ferraté Felice	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)
Dr. Mario Melgar	CENGICANÑA/Junta Directiva ICC

Equipo ICC 2019 y 2020

Dirección General

PhD. Alex Guerra Noriega

Dirección de Operaciones

Ing. Agr. Luis Reyes García

Coordinador Nacional ICC en El Salvador

MSc. Francisco Soto Monterrosa

Asesor Institucional y Científico

PhD. Luis Alberto Ferraté Felice

Coordinador de Gestión de Proyectos
(hasta diciembre 2019)

M.Sc. Martín Pérez Alvarez

Coordinador del Programa de Gestión de Proyectos
y Cooperación (a partir de 2020)

M.Sc. Óscar Guillermo González

Gestora de Proyectos

Ing. Mónica Rosales Alconero

Asistente de Dirección

Licda. Sharon Arias de López

Asistente Técnico en Monitoreo y Evaluación Interna
(desde octubre 2019)

Inga. Linda Mazariegos Guarchaj

Asistente institucional

Licda. Gabriela Girón Pereira

Técnico de campo en El Salvador

Ing. Milton Tobar Castillo

Programa de Investigación en Clima e Hidrología

Coordinador (2019)

M.Sc. Sergio Gil Villalba

Coordinador (desde enero 2020)

M.Sc. Juan Francisco Low Calle

Coordinadora del Sistema de Información de Ríos de
la Costa Sur

Licda. Lourdes Castilla Maldonado

Investigador Jr. en Meteorología y Clima

Ing. Agr. Carlos Aníbal Ramírez Calo

Investigador Jr. en Hidrología

P. For. Erick José Alvarado Ortega

Investigador Asociado en Hidrología e Hidrogeología

M.Sc. Sergio Gil Villalba

Técnicos del Sistema de Información de Ríos de la
Costa Sur

P. Agr. Elder Fernando Samayoa Beza,

P.C. Sergio Estuardo Escobar Martin (2019),

P. Agr. Víctor Andrés Quiñónez Aguilar (2019), P. Admón. Luis Miguel Morales Avalos, P. Agr. Justo Brandon Ajanel Pixtún, P. Agr. Ezequiel Riquiac Lopreto (2018), P. Agr. Luis Enrique Gómez, P. Agr. Nelson Medrano (2020), Cristian René Ortiz (2020), Rover Daniel Ortiz Paz (2020).

Tesista del M.Sc. en Hidrogeología (IHE Delft Water Institute -Holanda, Instituto Superior Técnico -Portugal- y Technische Universität Dresden -Alemania, 2019

M.Sc. Juan Francisco Low Calle

Tesista del M.Sc. en Hidrogeología (Escuela ENSEGID del Instituto Nacional Politécnico, Francia), 2019

B.Sc. Pierre Matrán

Personal de apoyo en campo, Sistema de Información de Ríos Costa Sur (2017-2020)

Lester Roberto Cayax López, Darío Guarchaj Sac, Amner Joel Ortega Corado, Lizgi Abel Pinzón Donis, Ramiro Hernández Canté, Sofonías Rodríguez Ramírez, Dennis Roberto Chitic Guajaca, Robin Roberto Quiñónez Valladares, José Raúl Sabán García, Edgar Giovanni González Ramírez, Daniel Eduardo Hernández Carrera, Abner Eliseo Girón Hernández. Marvin Lisandro Salvador, Elder Gamaliel Celis Hernández, Juan Francisco Díaz, Julio Alejandro Paniagua, Cristian Miguel Boror Reyes, Héctor Alejandro Bernal Reyes, José Rafael Mauricio Cruz, Nelson Medrano, Wilson Sotero Velásquez, Carlos Albicio Sutuc Calderón, Eleazar Puy Morales, Jorge Armando Ibarra Alvizures, Arturo Hermógenes Saucedo López, Edwin Daniel Orellana.

Programa de Sostenibilidad en Sistemas Productivos

Coordinador

M.Sc. Marco Tax Marroquín

Investigador en Sostenibilidad de Sistemas Productivos

M.Sc. Carlos Humberto Rodríguez Hernández

Investigadora en Sostenibilidad de Sistemas Productivos

Ing. Agr. Alma Santos Pérez

Investigador en Agrometeorología

M.Sc. Elmer Adolfo Orrego León

Investigador Jr. en Ecosistemas (2019)

Lic. en Biología Daniel Augusto Juárez Payes

Practicante universitario (Universidad de San Carlos de Guatemala - FAUSAC)

Bach. Pablo de la Roca

Programa en Manejo Integrado de Cuencas

Coordinador	Ing. Agr. Juan Andrés Nelson Ruiz
Técnico en Manejo Integrado de Cuencas (hasta abril 2019)	Ing. Amb. Brayan Orlando Cujcuj López
Técnico en Manejo Integrado de Cuencas	Ing. Agr. Oscar Morales Méndez
Técnico del Programa Manejo Integrado de Cuencas - Parte Alta de las Cuencas	P. Agr. Roberth López Morales
Técnico del Programa Manejo Integrado de Cuencas - Sur Oriente (desde mayo 2019)	T.U.P.A.E. Alejandro Paniagua Estrada
Técnico del Programa Manejo Integrado de Cuencas - Sur Occidente (hasta marzo 2019)	T. Agr. Alejandro Mancio
Técnico del Programa Manejo Integrado de Cuencas - Sur Occidente (desde abril 2019)	T. Agr. Luis Jacob López López
Especialista en Acuicultura y Calidad del Agua	Lic. Acuic. Gabriel Rivas Say
Practicante universitaria (Universidad de San Carlos de Guatemala, EPS - CUNSUROC), 2019	MEP. Linda Mazariegos
Practicante universitaria (Universidad de San Carlos de Guatemala, PPS - CUNSUROC), 2019	Bach. Karla Sofía Cabrera López
Practicante universitaria (Universidad de San Carlos de Guatemala, EPS Facultad de Agronomía), 2020	M.E.P.U Rebeca Sarai Axpuc

Programa Gestión de Riesgo de Desastres

Coordinador	M.Sc. German Alfaro Ruiz
Técnico en gestión de riesgos	Lic. Francisco Fuentes González
Técnico en gestión de riesgos	Inga. Agr. Amy Guicela Molina Estrada
Técnico en agua y gestión de riesgos (2020)	Ing. Agr. Walter Sazo Martínez
Pasante del Máster en Geología Aplicada a recursos minerales y energéticos (Universidad de Granada, España)	Geol. Luciano Galone
Practicante universitario (Universidad de San Carlos de Guatemala, EPS - FAUSAC), 2019	Bach. Walter Sazo Martínez

Programa Desarrollo de Capacidades y Divulgación

Coordinador	M.A. Pablo Yax López
Técnico en Desarrollo de Capacidades (hasta febrero 2019)	Ing. Agr. Luis Nicolás Montúfar Pérez
Técnico en Desarrollo de Capacidades	Ing. Agr. Kevin Manolo Noriega Elías
Comunicador Social	Lic. Kevin Roger Pérez Suñiga
Pasante universitaria (Universidad de Indiana, Estados Unidos de Norte América)	B.Sc. Moira Corcoran
Practicante universitaria (Universidad Mesoamericana, Quetzaltenango - PPS), 2019	S.B. Julissa Zepeda Herrarte
Practicante universitario (Universidad de San Carlos de Guatemala, PPS - CUNSUROC), 2019	Bach. Bryan Alberto Saloc Tupúl
Practicante universitario (Universidad de San Carlos de Guatemala, PPS - CUNSUROC), 2019	P. Agr. Luis Edgar Alvarez Castañeda
Practicante universitario CUNSUROC, 2020	Antonio Carrillo Puac
Voluntario universitario CUNSUROC, 2020	Luis Fernando Escobedo

Personal general

Contadora General	MBA. Silvia Castillo Orrego
Asistentes de contabilidad	P.C. Martha Areli Sierra, Jackeline Paola De León, P.C. Daniel Josué Batres Chitay y P.C. Humberto Leonardo Cifuentes Sandoval.
Gestor administrativo	Lic. Yuver Barillas González
Asistente administrativo	P. Admón. Orquídea Pérez Matzir
Apoyo en campo y oficinas	Sergio Ajpop López, Conrado Gámez Rivera, Darío Guarchaj Sac, Silvia Margarita Coyán Chamó y Kimberly González.

Evaluación de cumplimiento de las normativas ambientales del Azúcar de Guatemala, zafras 2018-19 y 2019-2020

Coordinador	Ing. Agr. Géser González
Técnico	Ing. Agr. María Alejandra Rosales
Técnico	Ing. Agr. Eddy Daniel Torres Ramírez
Técnico	Ing. Agr. Fernando Hernández Hernández

Personal del ICC que cumplió 5 o 10 años de labores en 2019-2020

Mauricio Cabarrús Perdomo, miembro de Junta Directiva	10 años en 2020
Herman Jensen Botrán, miembro de Junta Directiva	
Max Zepeda, miembro de Junta Directiva	
Mario Melgar, miembro de Junta Directiva	
William Calvillo Loaiza, miembro de Junta Directiva	
Alex Guerra Noriega, Director General	
Oscar Morales Méndez	5 años en 2019
Carlos Humberto Rodríguez Hernández	
Gabriel Antonio Rivas Say	5 años en 2020
Sergio Ajpop López	

Practicantes y Tesistas 2011 - 2020

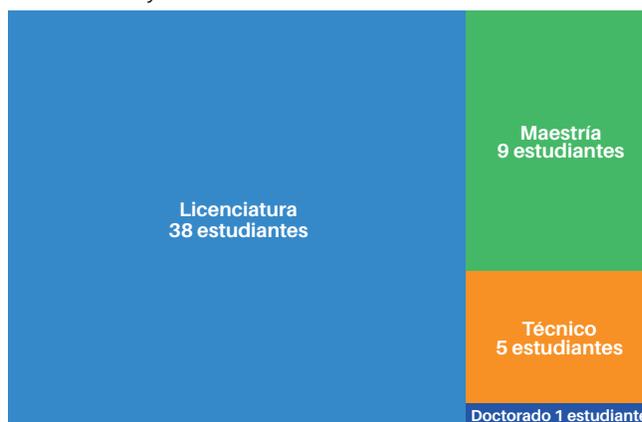
Hombres y mujeres

Practicantes y tesistas en el ICC durante 2011 - 2020



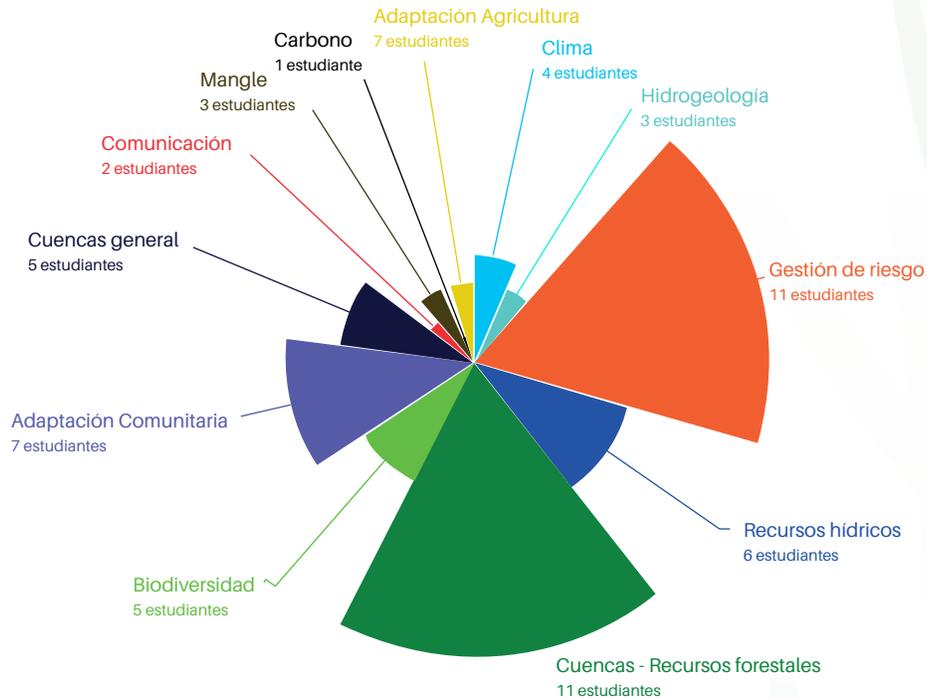
Nivel educativo

Practicantes y tesistas en el ICC durante el 2011 - 2020



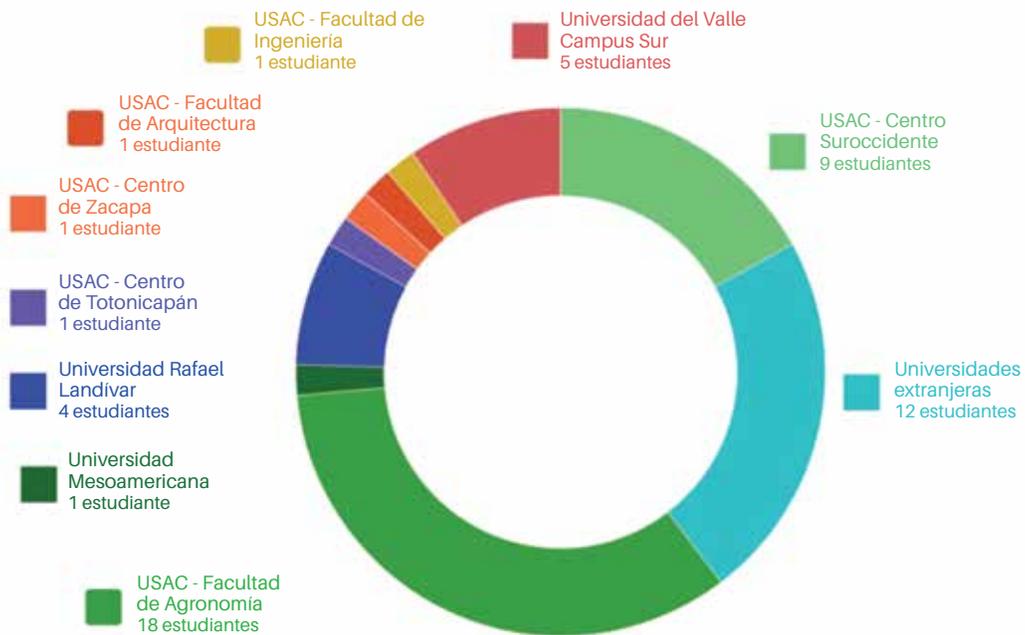
Temáticas

Practicantes y tesis en el ICC 2011 - 2020



Institución educativa

Practicantes y tesis en el ICC 2011 - 2020



Historial de practicantes y tesis en el ICC 2011 – 2020

Rebeca Sarai Apxuac Yoc

2020 Universidad de San Carlos de Guatemala

Antonio Carrillo Puac

2020 Universidad de San Carlos de Guatemala, CUNSUROC

Juan Francisco Low

2019 IHE Delft Water Institute (Holanda), Instituto Superior Técnico (Portugal) y Technische Universität Dresden (Alemania)

Pierre Matran

2019 Escuela ENSEGID del Instituto Nacional Politécnico, Francia

Luciano Galone

2019 Universidad de Granada, España

Moirá Corcoran

2019 Universidad de Indiana, Estados Unidos de Norte América

Linda Mazariegos

2019 Universidad de San Carlos de Guatemala, CUNSUROC

Pablo de la Roca

2019 Universidad de San Carlos de Guatemala

Walter Sazo

2019 Universidad de San Carlos de Guatemala

Julissa Zepeda Herrarte

2019 Universidad Mesoamericana, Quetzaltenango

Sergio Gil Villalva

2018 IHE Delft Water Institute (Holanda), Instituto Superior Técnico (Portugal) y Technische Universität Dresden (Alemania)

Erick André Lara Ángel

2018 Universidad del Valle de Guatemala

Luis Enrique Gómez Román

2018 Universidad de San Carlos de Guatemala, CUNSUROC

Julio Alejandro Paniagua Estrada

2018 Universidad del Valle de Guatemala, Campus Sur

Mónica Rosales Alconero

2018 Universidad Rafael Landívar, Guatemala

Ricardo Alberto Chán Escobar

2018 Universidad de San Carlos de Guatemala

Aurora Castillo Baquera

2018 Universidad de Granada, España

Carlos Humberto Rodríguez

2017 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica

Kevin Manolo Noriega

2017 Universidad de San Carlos de Guatemala, CUNSUROC

Ezequiel Riquiac Lopreto

2017 Universidad de San Carlos de Guatemala

Hernán Turcios Castro

2017 Universidad de San Carlos de Guatemala

Ana Cecilia Iuit Jiménez

2016 El Colegio de la Frontera Sur, México

Lucía Nineth Ramírez García

2016 Universidad del Valle de Guatemala

Amy Guisela Molina Estrada

2016 Universidad de San Carlos de Guatemala

Kevin Rigoberto Ávila Santos

2016 Universidad de San Carlos de Guatemala, CUNSUROC

Melany Ramírez Galindo

2015 Universidad de San Carlos de Guatemala

Andrea Madelyne Moreno Ortíz

2015 Universidad Rafael Landívar

Alejandra Alfaro Pinto

2015 Universidad de San Carlos de Guatemala

Nereyda Trabanino Valenzuela

2015 Universidad de San Carlos de Guatemala

Francisco Pellecer Aguirre

2015 Universidad de San Carlos de Guatemala

José Daniel Girón

2015 Universidad del Valle de Guatemala

Myriam Consuelo Escobar Molina

2015 Universidad de San Carlos de Guatemala

Héctor Francisco Espinoza García

2015 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica

Erick Alvarado Ortega

2015 Universidad de San Carlos de Guatemala

Elisa Choxom Chamorro

2014 Universidad de San Carlos de Guatemala

Cecilia María de León

2014 Universidad de San Carlos de Guatemala

Ronal Pérez González

2014 Universidad del Valle de Guatemala,
Campus Sur

Melvin Navarro González

2014 Universidad de San Carlos de Guatemala

Allan Caravantes Alvarado

2014 Universidad de San Carlos de Guatemala

Cindy Estrada Montiel

2013 Universidad de San Carlos de Guatemala

Alexandre Parizel

2013 AgroParisTech, Francia

Alma Santos Pérez

2013 Universidad de San Carlos de Guatemala

Josué Mena Enamorado

2013 Universidad Rafael Landívar

Susana Guerra González

2013 Universidad de San Carlos de Guatemala

Dora Salpec Palma

2013 Universidad Rafael Landívar

Carlos Humberto Rodríguez

2013 Universidad de San Carlos de Guatemala

Julio Renato Alarcón Recinos

2013 Universidad de San Carlos de Guatemala

Elmer Adolfo Orrego León

2012 Universidad de San Carlos de Guatemala,
CUNSUROC

Milton Chán Santisteban (PhD)

2012 Tecnológico de Costa Rica (TEC),
Universidad Nacional (UNA), Universidad Estatal
a Distancia (UNED)

María Alejandra Rosales Mayorga

2011 Universidad de San Carlos de Guatemala

Marie Andrée Liere Quevedo

2011 Universidad de San Carlos de Guatemala

Sergio Gil Villalva

2011 Universidad Autónoma de Barcelona



Resumen Ejecutivo

10 años de labores en perspectiva

El ICC nació en julio de 2010 por decisión de un grupo visionario de empresarios que querían hacer una contribución al país en un tema relevante y a largo plazo. El sector azucarero guatemalteco no quiso limitarlo, dejando la puerta abierta para otros gremios y empresas tanto en Guatemala como en la región mesoamericana. Fue así como en 2015 se unió la Asociación de Productores Independientes de Banano (APIB) y el Ingenio Tullulá, y en 2019, Palo Blanco S.A. y el Grupo CASSA. Gracias a este último, el ICC empezó operaciones en El Salvador. Este grupo de visionarios ha hecho posible la operación de una institución especializada que se ha convertido en un catalizador de acción climática, siendo ejemplo para la región y para el mundo. A continuación quiero resaltar la importancia de los principales avances en estos diez años.

El agua es un elemento central de trabajo en el ICC y su gestión integrada es la columna vertebral de la adaptación al cambio climático. La información es vital para la gestión y el ICC ha generado gran cantidad, incluyendo: 1) información meteorológica a través de 36 estaciones automáticas, 6 en El Salvador; 2) en agua subterránea, se han estudiado acuíferos y se monitorearon unos 230 pozos comunitarios en la costa sur; 3) se tienen datos de 15 parámetros de calidad del agua de 18 ríos del sur de Guatemala; 4) se tiene un Sistema de Información de los ríos de la costa sur de Guatemala que ha sido vital para la gobernanza del agua y uso racional de los ríos. Así mismo, inició el monitoreo de caudales de dos ríos en El Salvador. Otros aportes relacionados a la gestión del agua se mencionan más adelante.

El bosque juega un papel fundamental tanto para la mitigación como para la adaptación al cambio climático. Por tal razón, el ICC ha desarrollado investigaciones e impulsado esfuerzos con los siguientes avances: 1) 86 km de riberas de ríos fueron reforestadas; 2) 81 hectáreas de mangle fueron recuperadas; 3) apoyo a la conservación de 5,822 hectáreas de bosques en parte alta de cuencas; 4) 484 viveros forestales fueron instalados y/o apoyados (216 comunitarios, 193 municipales, 18 institucionales, 31 empresariales y 26 regionales); 5) 6.67 millones de árboles producidos para reforestar las cuencas del Pacífico guatemalteco, de 55 especies diferentes; 6) participación activa en la Mesa Nacional de Restauración Forestal y creación de la Red de Restauración Forestal de la Costa Sur con diversos actores.

En cuanto al estudio de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y mitigación del cambio climático, los avances principales son: 1) Inventario de GEI y huella de carbono del azúcar (Guatemala y El Salvador), banano, aguacate y electricidad; 2) Elaboración de las estrategias sectoriales de mitigación para el Azúcar de Guatemala y la Producción Independiente de Banano; 3) Mediciones de fijación de carbono en parcelas forestales; 4) Primer estudio de carbono en manglares de Guatemala; 5) fuimos parte del equipo que dirigió la elaboración de la Estrategia de Desarrollo con Bajas Emisiones de Guatemala; 6) fuimos miembros de la comisión que definió las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) de Guatemala para cumplir el compromiso ante la Convención Marco de Cambio Climático; y 7) apoyo en la precisión de los compromisos de la Agroindustria Azucarera en la Contribución (NDC) de El Salvador ante el Acuerdo de París.

Debido a las características de la región mesoamericana, la gestión de los riesgos es un componente vital del desarrollo y también de la adaptación al cambio climático. El ICC ha avanzado en: 1) el estudio de las principales amenazas climáticas, especialmente las inundaciones (se completaron mapas de zonas inundables de las cuencas del Pacífico guatemalteco) y las sequías; 2) estudios y promoción de medidas preventivas; 3) apoyo a la organización a nivel comunitario, municipal y departamental, así como alianzas público-privadas para la preparación ante emergencias; 4) atención de emergencias por desastres; 5) apoyo a la recuperación después de desastres. Así, se han cubierto todas las etapas en la gestión integral del riesgo.

En el tema de la adaptación en los sistemas productivos, los esfuerzos se enfocaron en: 1) estudio y promoción de prácticas de adaptación en los cultivos de maíz y frijol en comunidades del altiplano y costa sur; 2) estudio e instalación de estanques de producción de tilapia en parcelas comunitarias en 6 municipios; 3) capacitaciones de cosecha de agua de niebla y lluvia en comunidades del altiplano y la costa sur; 4) conservación de suelos y agua en fincas cañeras de Guatemala y El Salvador; 5) estudio de prácticas de adaptación en los cultivos de caña de azúcar y banano.

El desarrollo de capacidades es otro componente importante de los acuerdos internacionales que atañen al cambio climático. El ICC hizo aportes a través de diplomados, cursos, talleres, charlas y co-organización de congresos, haciendo un total de 891 eventos de 2011 a 2019, que alcanzaron a 48,837 personas. Se trabajó con maestros, líderes comunitarios, personal de distintas áreas de las empresas miembros, periodistas, funcionarios de organizaciones de gobierno y estudiantes, principalmente.

Las acciones aquí mencionadas y otras que son parte del trabajo del ICC aportan a la legislación y políticas climáticas a nivel nacional e internacional.

En el caso de Guatemala, aportan al cumplimiento de la Ley de Cambio Climático (Decreto 7-2013), del Plan de Acción Nacional en Adaptación y Mitigación del Cambio Climático y a la Política Nacional de Cambio Climático. Tanto en Guatemala como en El Salvador, aporta al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en especial 6, 11, 12, 13, 15 y 17) y al Acuerdo de París. Esto cobra mayor relevancia considerando que ninguna actividad la hace solo el equipo del ICC sino en alianza con cientos de socios comunitarios, municipales, universitarios, ONGs, gubernamentales y cooperación internacional.

El trabajo ha sido posible gracias a las cuotas ordinarias de los miembros, que cubren el presupuesto base y dan estabilidad al ICC, y también al financiamiento de fuentes externas para proyectos (en 2020 ascendieron al 40% del total), así como de la contrapartida en especie de todos los socios. Ha sido clave también contar con el personal más especializado posible en las distintas temáticas abordadas, que creció de 14 en 2011 a 70 personas en 2020 e incluyó a 52 practicantes entre 2011-2020. Asimismo, fue de mucho valor la guía y acompañamiento del Consejo Consultivo, conformado por representantes del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, FAO, la Universidad del Valle, la Universidad Rafael Landívar y el Dr. Luis Ferraté Felice.

En 10 años el ICC ha cobrado relevancia y se ha posicionado a nivel local, nacional y regional. Eso ha sido gracias a fundamentar su accionar en la ciencia, gozar de autonomía y, sobre todo, atender la problemática y retos locales proponiendo posibles soluciones y acompañando a los actores relevantes en su implementación. De esa manera hemos buscado hacer realidad nuestro lema: Ciencia en acción para enfrentar el cambio climático.



Executive Summary

10 years in perspective

The ICC was born in July 2010 through a decision of a visionary group of businessmen who intended to make a contribution to the country in a relevant subject and in the long term. The Guatemalan sugar industry did not want to set limits so it left the door open for other sectors and companies to participate in Guatemala as well as in the rest of the Mesoamerican region. That is how the Association of Independent Banana Producers (APIB by its Spanish acronym) and Ingenio Tululá (a rum and sugar company) became members in 2015, and then, Palo Blanco S.A. (banana, plantain and avocado producer) and Grupo CASSA, joined in 2019. The latter made it possible for the ICC to start operations in El Salvador. This whole group of visionaries have enabled the operation of a specialized institution that has become a catalyst for climate action, setting an example in the region and globally. Here are some highlights of the progress made in these 10 years of work.

Water is a central element of the ICC's work and its integrated management is the backbone of climate change adaptation. Information is key for integrated management and the ICC has generated vast amounts, including: 1) weather information through its 36 automated stations, 6 of which are in El Salvador; 2) in terms of groundwater, aquifers have been studied and more than 230 community wells have been monitored in southern Guatemala; 3) data on 15 water quality parameters in 18 rivers of southern Guatemala exist; 4) river flow data for 50 rivers that are part of an Information System in southern Guatemala, which has been essential for water governance and sustainable use of rivers. Also, monitoring of two rivers in El Salvador start-

ed. Other contributions to water management will be mentioned later on.

Forests play a key role both for climate change mitigation and adaptation. For that reason, the ICC has conducted research and has promoted actions delivering the following results: 1) restoration of 86 km of riparian forests; 2) recovery of 81 hectares of mangrove forest; 3) support has been provided for conservation of 5,822 hectares of forest in the upper parts of the watersheds; 4) 484 tree nurseries have been installed or supported (216 in communities, 193 municipal ones, 18 with government institutions, 31 with companies and 26 regional ones); 5) 6.67 million trees (seedlings) were produced for forest restoration in all the Pacific watersheds of Guatemala, belonging to 55 different species; 6) active participation in the National Forest Restoration Roundtable and creation of the Forest Restoration Roundtable in southern Guatemala.

Regarding studies on green-house gas (GHG) inventories and climate change mitigation, the main advances are: 1) GHG inventories and carbon footprint of sugar (Guatemala and El Salvador), banana, avocado and electricity; 2) development of sectoral mitigation strategies for the Guatemalan Sugar Industry and for the Independent Banana Producers; 3) Carbon fixation measurements in forest plots; 4) the first study of carbon in mangrove forests of Guatemala; 5) we were part of the team that prepared the Low Emission Development Strategy for Guatemala; 6) we were members of the commission that defined the (Intended) Nationally-Determined Contributions (NDCs) for Guatemala in fulfillment of a commitment to

the UN Convention on Climate Change; and 7) support to the definition of commitments of the sugar industry to the NDCs in El Salvador under the Paris Agreement.

Because of the social and physical characteristics of the Mesoamerican region, risk management should be a key element of development and also of climate change adaptation. In this field, the ICC has: 1) studied the main climatic hazards, especially flooding (flood-prone areas were mapped for the Pacific watersheds of Guatemala) and droughts; 2) studied and promoted prevention measures; 3) supported the organization at different levels (community, municipal and departmental), and public-private-partnerships for emergency preparedness; 4) participated in disaster emergency response; 5) supported recovery after disasters. Thus, all stages of integrated risk management have been covered.

In terms of adaptation of productive systems and livelihoods, ICC efforts have focused on: 1) the study and promotion of adaptation practices in maize and bean cultivation in the highlands and in the lowlands; 2) study and installation of low-cost aquaculture systems at family level in six counties; 3) training on fog and rainwater harvesting at household level in the highlands and the lowlands; 4) soil and water conservation in sugarcane farms in Guatemala and El Salvador; 5) study of adaptation practices in sugarcane and banana cultivation.

Capacity building is another important component of the international agreements related to climate change. The ICC has made contributions through certificate courses, workshops, talks and co-organization of conferences, with a total of 891 events in the 2011-2019 period reaching 48,837 people. Target groups were mainly teachers, community leaders, companies' staff, journalists, government officials and students.

The actions and results mentioned above contribute to climate policies and legislation at the

national and international level. In the case of Guatemala, they help fulfil the Climate Change Law (Decree 7-2013), the National Climate Change Mitigation and Adaptation Action Plan and the National Climate Change Policy. Both in El Salvador and Guatemala they contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals (especially objectives 6, 11, 12, 13, 15 and 17) as well as the Paris Agreement. This becomes more significant considering that none of the activities are carried out by the ICC team alone but in partnership with hundreds of community members, companies, municipal authorities, university students and professors, NGOs, government agencies and international cooperation.

This work has been possible thanks to annual fees provided by members, which cover a basic operation budget and lend stability to the ICC, to funding from external sources for specific projects (in 2020 they comprised 40% of the whole budget), and to in-kind contributions from partners. It has been crucial having staff specialized in different subjects covered. The ICC team grew from 14 in 2011 to 70 people in 2020 and included 52 interns in those ten years. Furthermore, guidance and follow up from the Advisory Committee has been most valuable, comprised of representatives from the United Nations Development Program, FAO, University of Del Valle, Rafael Landívar University and Dr. Luis Ferraté Felice (former minister for the environment and senior scientist).

In 10 years, the ICC has become an important institution and has gained leadership at the local, national and regional level. This has been possible through its science-base, autonomy, and, above all, playing an active role in the search and implementation of solutions to local problems and challenges. We envision science and scientists not only as information producers or providers but as active stakeholders in the fight against one of the biggest challenges for humanity: climate change.

Información y análisis hidrometeorológico e hidrogeológico



Análisis hidrológico de los ríos de la costa sur para el uso racional del agua

Gracias a la extensiva información recopilada por el Sistema de Información de los Ríos de la Costa Sur y la red de estaciones hidrométricas, el ICC ha realizado cuatro estudios de caracterización de caudales en época seca, un estudio para la definición de niveles de alerta de crecidas, un estudio

de caudal base y otro de análisis y cuantificación de infiltración en el río Acomé. Estos estudios han permitido tener nuevas herramientas para el uso racional del agua en las cuencas de los ríos Acomé, Madre Vieja, Ocosito y Los Esclavos, apoyando la coordinación efectiva de actores en estas cuencas.

Caudal con 90% de probabilidad de excedencia en la estación Acarigua

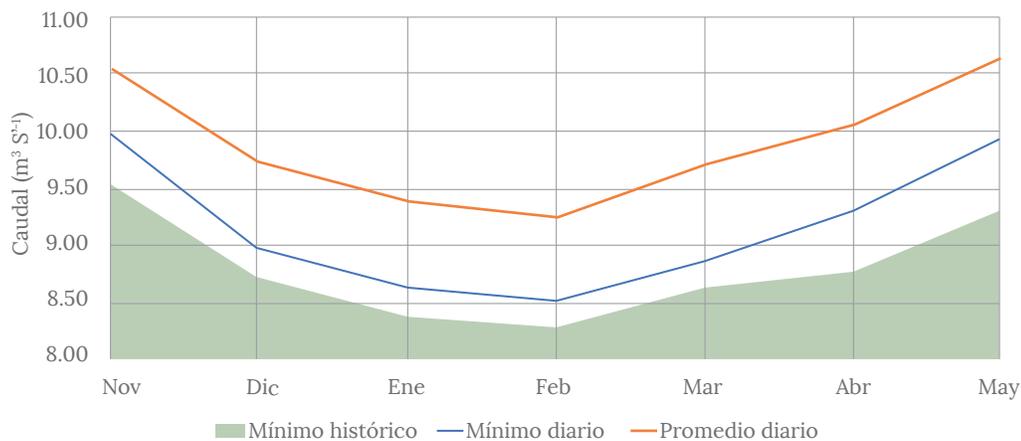


Figura 1. Caracterización de caudales con el 90% de excedencia para la temporada seca en la estación Acarigua, río Madre Vieja. En un mes promedio, se espera que el caudal del río sea inferior a este valor solo dos o tres días (10% del mes) mientras que se espera que sea superado entre 26 y 28 días (90% restante del mes). El valor mínimo diario corresponde al caudal instantáneo más bajo registrado en un día que se espera sea superado al menos 90% de los días del mes. Por ejemplo, para el mes de febrero se espera que el caudal promedio diario no sea inferior a 9.25 m³/s al menos por 26 días, y solo inferior a este por 2 días en un año promedio (datos 2017-2020).

Correlación entre caudales de desembocadura y estación Tres Ríos - Río Ocosito

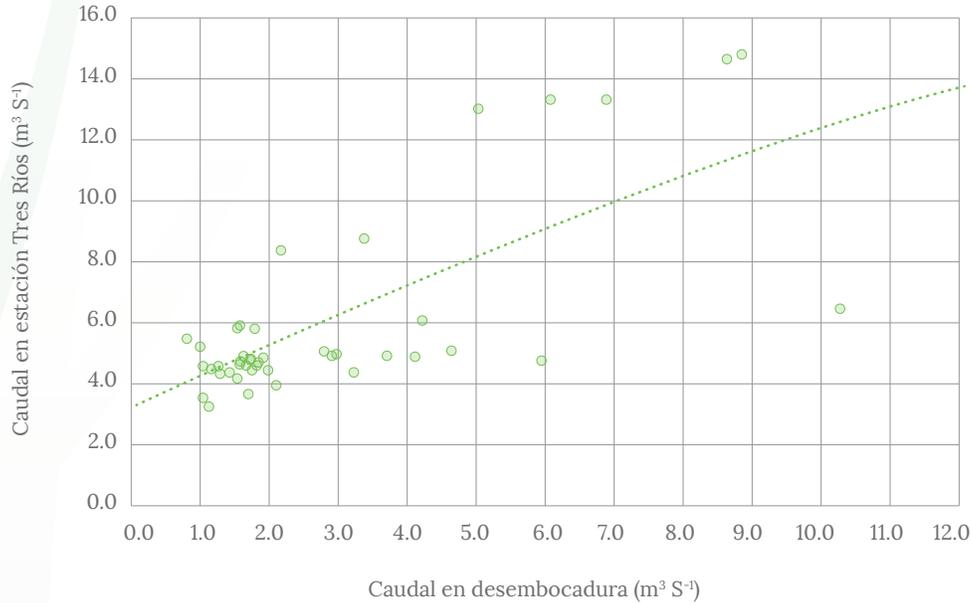


Figura 2. Correlación de caudales en desembocadura con caudales en estación hidrométrica para estimar alertas para el río Ocosito (datos 2019-2020). $R^2 = 0.758$



Estudios del agua subterránea

El conocimiento de los sistemas acuíferos de la costa sur de Guatemala es necesario para promover un uso racional del agua subterránea y por eso es una prioridad para el ICC. El estudio del agua subterránea se ha desarrollado a través de tesis de maestría, así como recopilación de información local, varios estudios preliminares y con apoyo de expertos internacionales. Los estudios están centrados principalmente en el abanico aluvial del volcán de Fuego, ubicado en la zona central de la costa sur, permitiendo elaborar un modelo conceptual que fue validado a través de estudios de hidroquímica, geofísica, geología, isótopos naturales y un modelo numérico. Estos estudios han ayudado a aclarar las interacciones entre el manto

acuífero, los ríos y las norias, así como identificar algunas zonas vulnerables a la intrusión salina.

Es importante conocer dónde se ubican las zonas de recarga de agua subterránea para promover su conservación. Para determinar el origen del agua subterránea, el ICC estudia la composición isotópica del agua de lluvia, para compararla con la del agua subterránea. Dentro de esta línea de investigación se destaca la implementación de la primera red de totalizadores de lluvia para análisis químico e isotópico en Guatemala. Esta red se estableció en alianza con la red global de isótopos en precipitación (GNIP por su sigla en inglés), con sede en Austria, permitiendo tener un perfil de distribución de isótopos de oxígeno e hidrógeno en la lluvia para la costa sur de Guatemala.

El ICC ha estudiado el agua subterránea desde 2015: monitoreo de pozos comunitarios, identificación de acuíferos, zonas de recarga y áreas con problemas de intrusión salina.

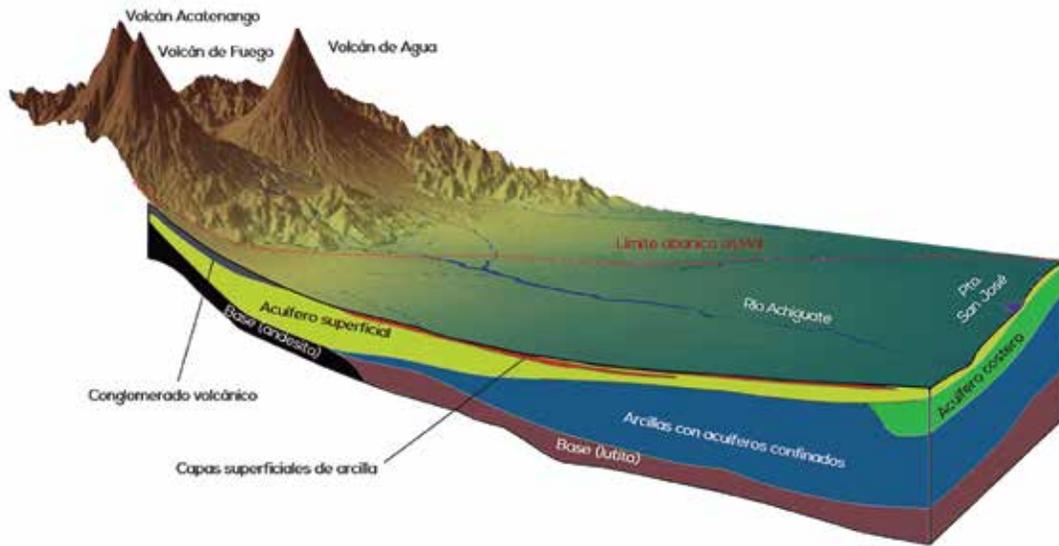


Figura 3. Modelo conceptual con las diferentes capas y materiales en el sistema acuífero del volcán de Fuego.

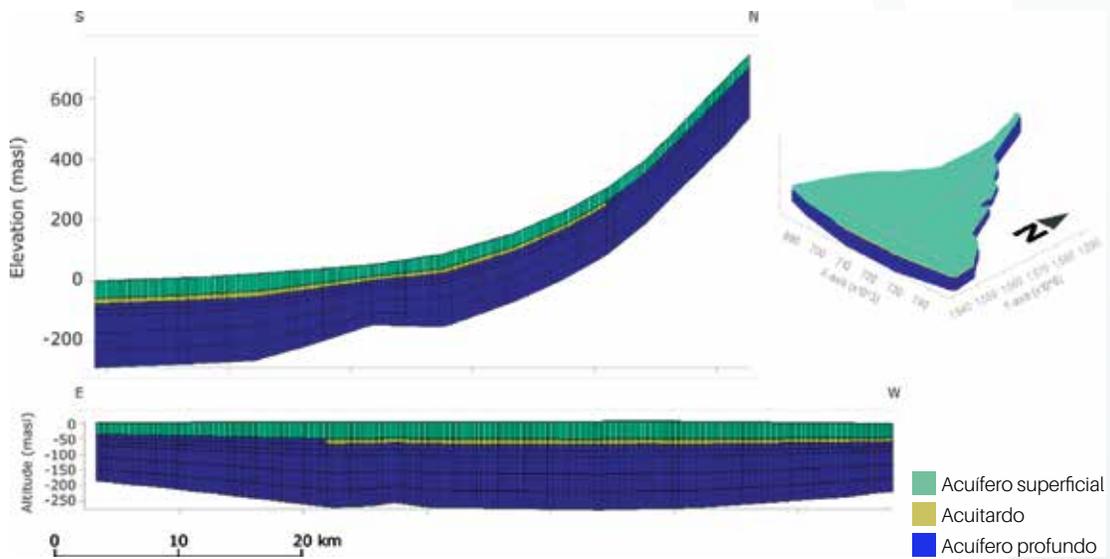


Figura 4. Rejilla del modelo numérico del sistema acuífero del volcán de Fuego. Modelado usando el software GMS y el código MODFLOW.

Monitoreo de niveles y calidad de agua en pozos comunitarios

El 2015 inició el monitoreo de la profundidad del agua subterránea en 89 pozos comunitarios en las cuencas de Coyolate, Acomé y Achiguate en la costa sur. En 2018 se extiende la red de monitoreo incluyendo 64 pozos en la zona del río Samalá, y 49 en Los Esclavos, así como 34 nuevos pozos para la zona de la Nueva Concepción. En 2020 la red de monitoreo incluye 236 pozos comunitarios, donde se realizan mediciones del nivel piezométrico (altura del nivel del agua) y calidad de agua (Figura 5).

La evolución de los niveles del acuífero está relacionada con el régimen de lluvias, dado que la recarga del acuífero superficial se produce durante la estación lluviosa. En las mediciones realizadas hasta el momento se observa una variación del nivel de agua subterránea entre las estaciones seca y lluviosa, mientras que a lo largo de los años la tendencia del nivel es a mantenerse (Figura 6).

La medición constante de la profundidad del manto ha permitido estudiar algunas dinámicas de conexión entre cuerpos de agua superficiales y subterráneos, evaluaciones de riesgo de intrusión salina y caracterización de flujos de agua subterránea.

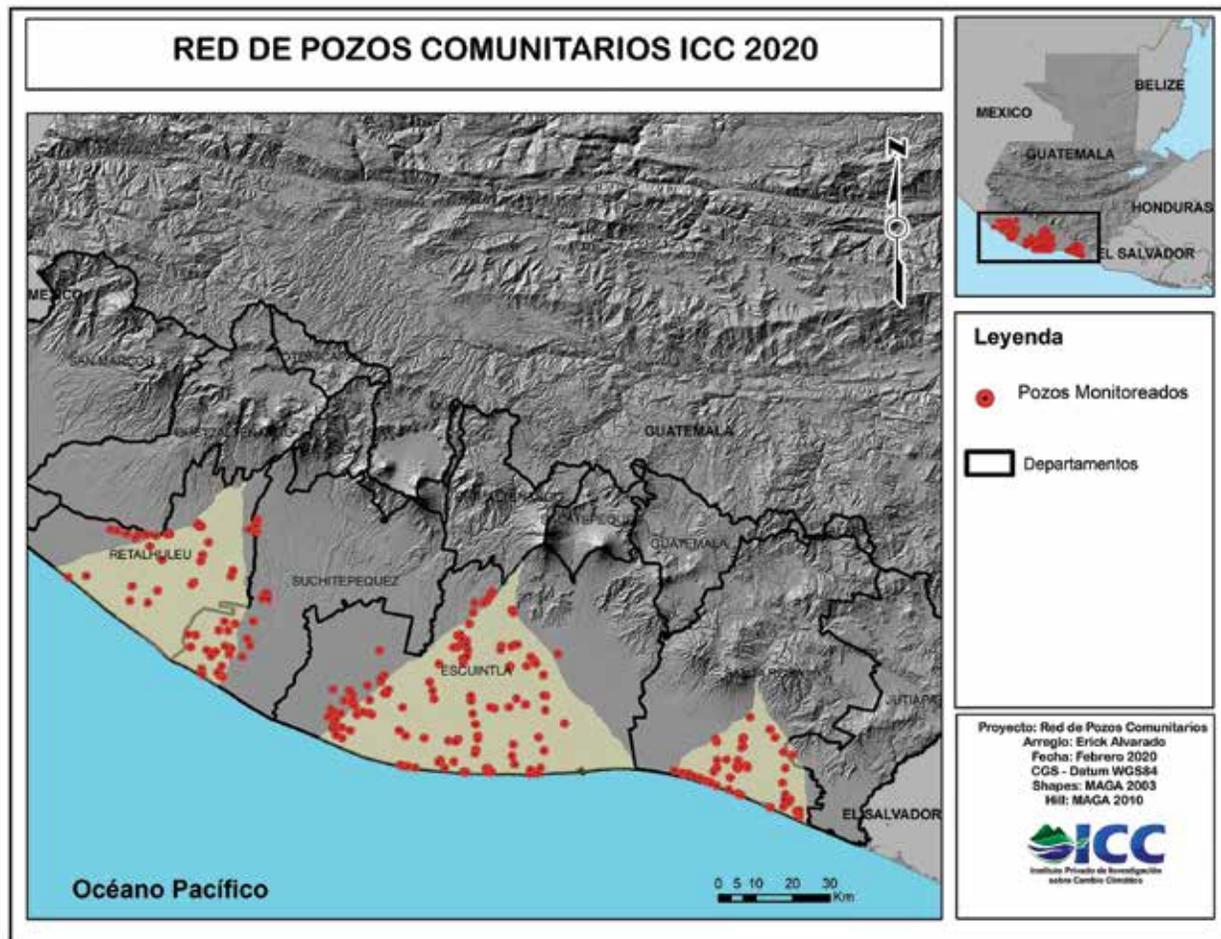


Figura 5. Red de monitoreo de pozos comunitarios del ICC al 2020.

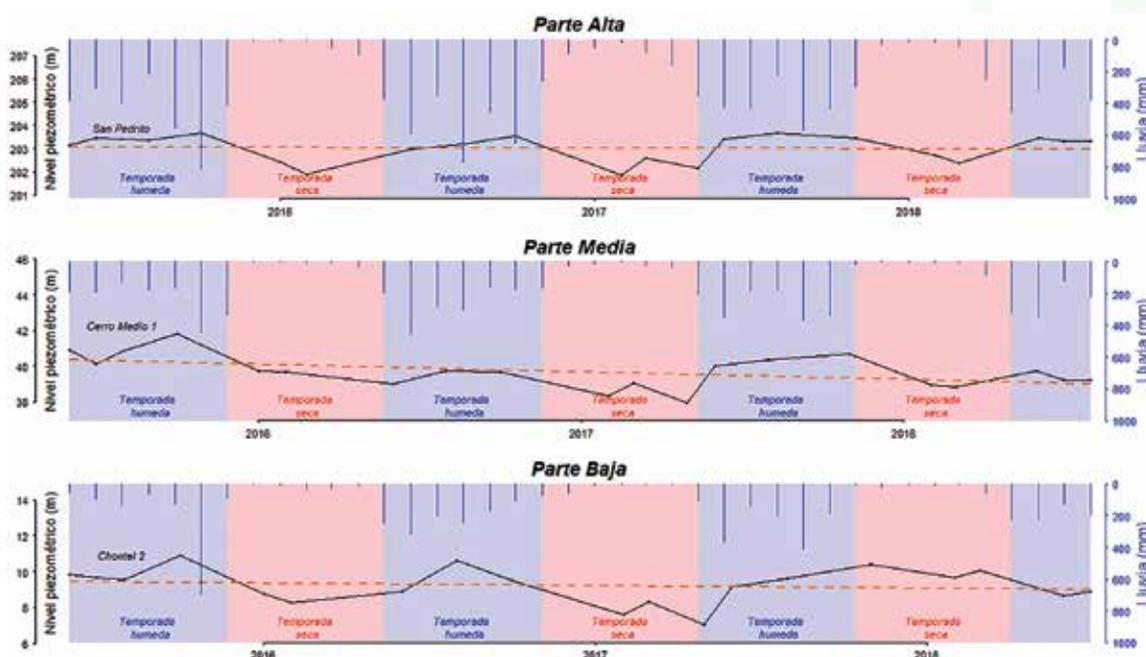


Figura 6. Registros del nivel de agua subterránea en el periodo 2015–2019 en pozos seleccionados en la región central de la costa sur.



Estaciones hidrométricas: caudales de ríos estimados a cada 15 minutos

Una estación hidrométrica automática es una instalación en el margen de un río que permite medir y transmitir la altura del nivel de agua en dicho río. Constan de un sensor tipo radar que se ubica encima del cauce del río y mide constantemente la altura del espejo de agua, registrando un dato promedio cada 15 minutos. Se crea una fórmula para el punto específico que permite convertir a datos de caudal esos datos de nivel del río medidos. Además, cuentan con un pluviómetro para registrar eventos de lluvia. La ubicación de las estaciones hidrométricas se elige cuidadosamente para que generen información valiosa para la caracterización de la dinámica de los ríos, siguiendo las recomendaciones de la Organización

El ICC ha instalado tecnología para medir caudales de ríos a cada 15 minutos. Esa información es clave para un manejo sostenible del agua.

Meteorológica Mundial (WMO). La información que genera proporciona insumos relevantes para el conocimiento del comportamiento de los ríos en la costa sur, así como para la generación de datos para la toma de decisiones que apoyen el uso racional del agua.

La información generada por las estaciones es sometida semanalmente a un control de calidad donde se corrigen posibles anomalías que surgen durante la generación y transmisión de la información. Adicionalmente, se realiza un mantenimiento

físico mensual de las estaciones para prevenir fallas de funcionamiento en el equipo y evitar que se creen vacíos de información.

La primera estación hidrométrica inició su funcionamiento en el río Madre Vieja, cerca del municipio de Cocales, a inicios del 2017. En 2018 se inauguró

la segunda cerca de la desembocadura del mismo río. En el 2019 comienza a operar una estación en el río Ocosito. En 2020 se instalaron tres estaciones nuevas, dos en el río Achiguate y una en el río Los Esclavos (Figura 7).

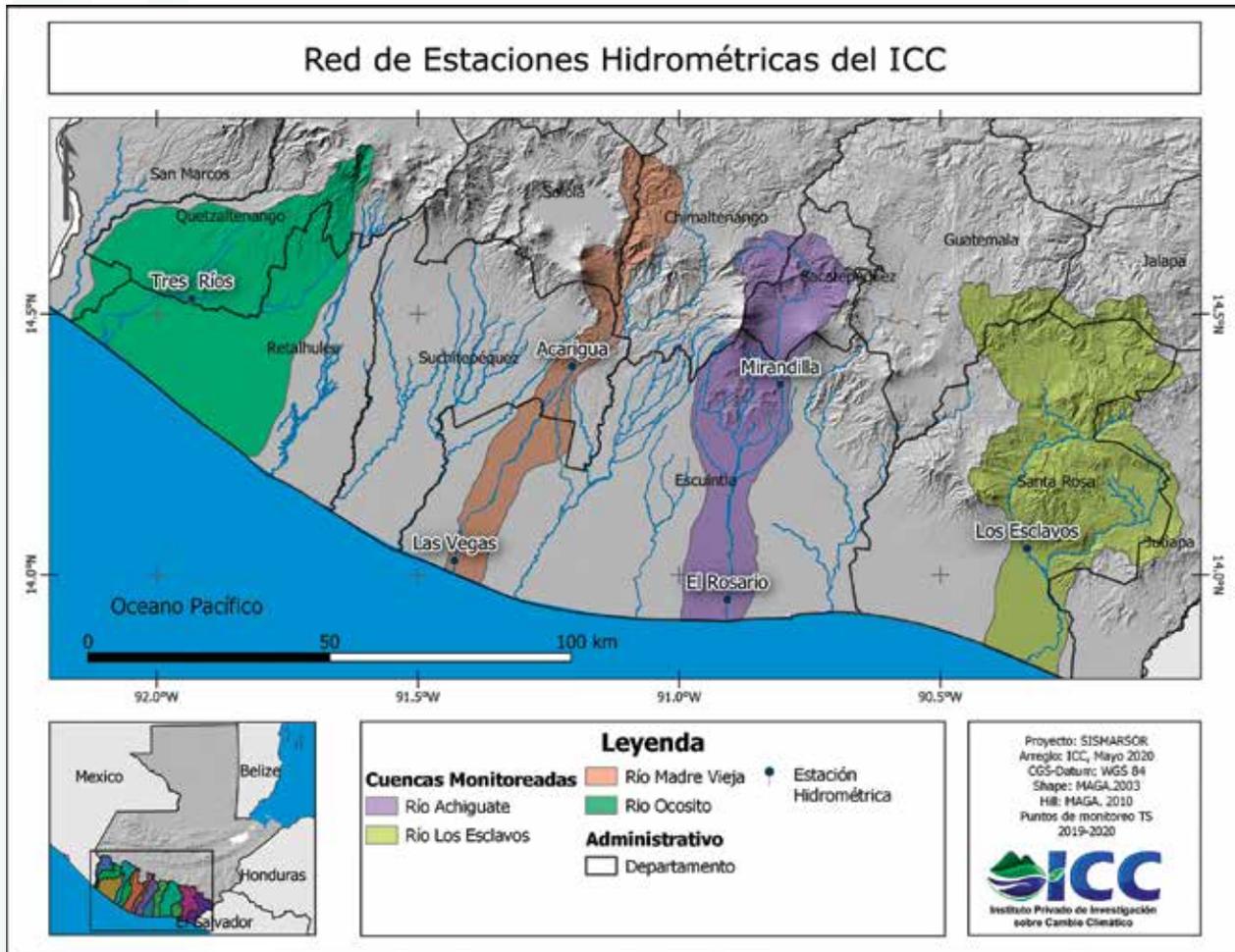


Figura 7. Red de estaciones hidrométricas del ICC para el 2020.

Red de estaciones meteorológicas ICC

La red de estaciones meteorológicas nace en 1997 con la instalación de la primera estación en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, en las instalaciones del Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar – CENGICANÑA, institución que lo administraba inicialmente. A partir del 2011, el ICC se ha encargado de administrar la red, fortaleciéndola e impulsando su crecimiento hasta convertirla en una red transnacional en 2019 al incluir tres (3) estaciones meteorológicas en El Salvador. En 2020 la red está formada por 36 estaciones meteorológicas automáticas distribuidas en la costa sur de Guatemala y en El Salvador.

La estación meteorológica automática es un lugar que cuenta con distintos sensores que se encargan de medir variables meteorológicas y transmitirlos en tiempo real (Figura 8). Esta información permite disponer de insumos para tomar decisiones para el manejo de cultivos o para la gestión del riesgo de desastres por inundación, así como generar estudios sobre el clima y la meteorología. La ubicación de las estaciones se selecciona cuidadosamente ya que es un factor clave para registrar el comportamiento de las variables a lo largo de la región.

La Red de Estaciones Meteorológicas ICC cuenta con 36 estaciones en Guatemala y El Salvador y brinda información de libre acceso para beneficio de diversos sectores.



Figura 8. Estación meteorológica Central Izalco, Sonsonate, El Salvador.

Las estaciones meteorológicas automáticas con que cuenta el ICC están conformadas por tres componentes principales: a) obra civil, b) sistema de pararrayos y c) sensores. La obra civil es el soporte físico donde se instalan los otros componentes de la estación, así como el perímetro de seguridad. El sistema de pararrayos minimiza el riesgo de daño en los sensores por el impacto de rayos durante las tormentas habituales en la costa sur. Los sensores se encargan de registrar y transmitir la información meteorológica (Figura 9, Cuadro 1). Todas las variables son generadas y enviadas cada 15 minutos.

Cuadro 1. Sensores instalados en las estaciones meteorológicas automáticas del ICC y variables que registran.

Sensor	Variable
Pluviómetro	Precipitación
Termohigrómetro	Temperatura y humedad relativa
Anemómetro	Velocidad del viento
Veleta	Dirección del viento
Piranómetro	Radiación solar
Humectómetro	Mojadura de la hoja



Figura 9. Sensores de medición de variables meteorológicas. De izquierda a derecha: termohigrómetro, piranómetro, pluviómetro, humectómetro.

Sistema de información meteorológica -REDMET-

Se trata de una plataforma web que pone a disposición de los socios del ICC y a cualquier persona interesada la información meteorológica generada por la red de estaciones automáticas en tiempo real. Se puede acceder a través de la página www.redmet.icc.org.gt (Figura 10). La interfaz del Sistema de Información Meteorológica -REDMET- permite la descarga y visualización de la información en tiempo real, así como consultar el registro histórico para cada una de las estaciones (Figura 11).

Los datos meteorológicos son sometidos semanalmente a controles de calidad, donde se corrigen posibles anomalías que surgen durante la generación y transmisión de la información. Adicionalmente, se realiza un mantenimiento físico mensual de las estaciones para prevenir fallas de funcionamiento en el equipo y evitar que se creen vacíos de información.

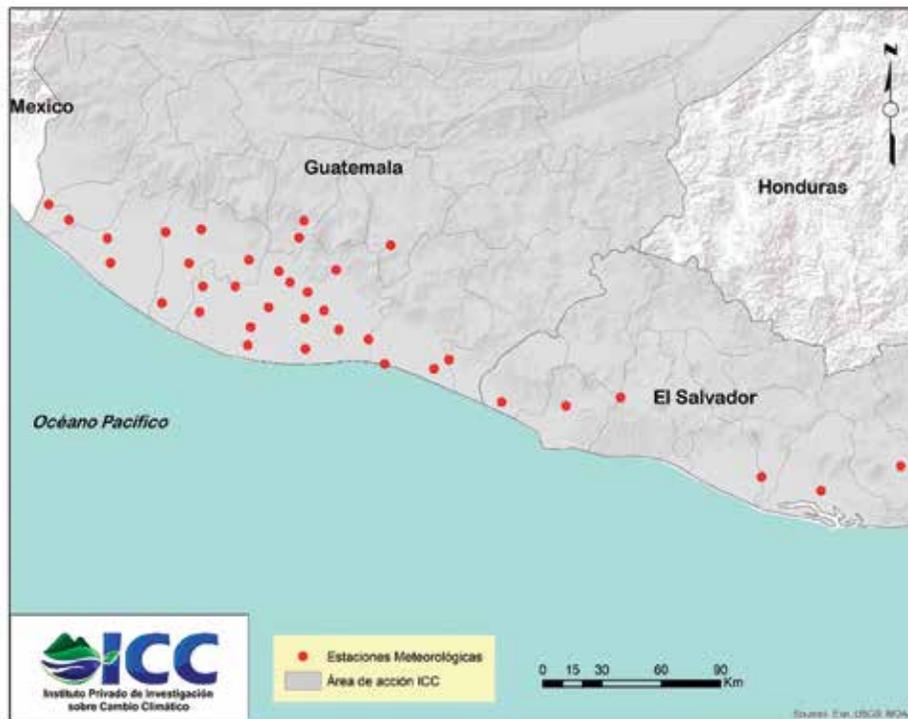


Figura 10. Red de estaciones meteorológicas ICC

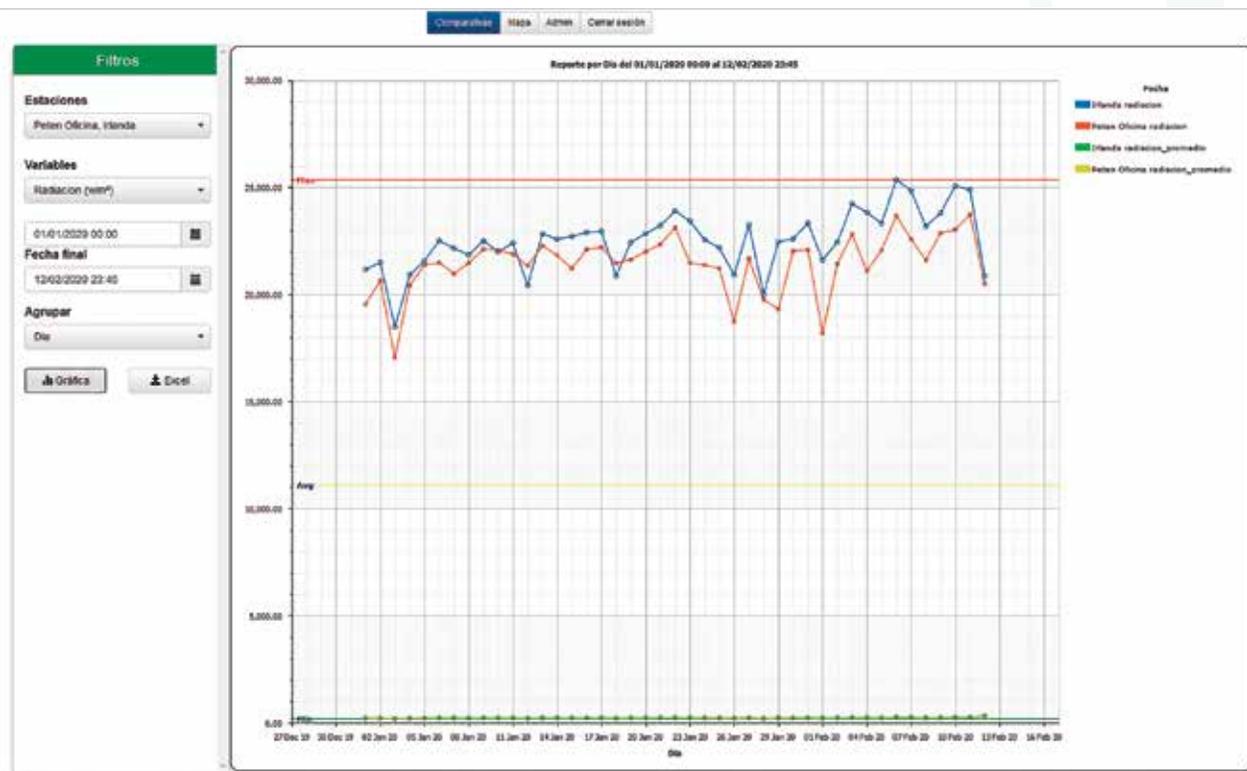


Figura 11. Interfaz de consulta y visualización de variables meteorológicas en diferentes estaciones.

Calidad del agua subterránea y de los ríos

Dentro de los estudios de agua subterránea que ha realizado el ICC, se han llevado a cabo dos campañas de muestreo de calidad química del agua con apoyo del instituto IHE Delft, Países Bajos, y el Instituto Superior Técnico de Lisboa, Portugal. En estos muestreos se han determinado propiedades fisicoquímicas de campo (pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad,

alcalinidad), organolépticas (color, olor, turbidez), composición iónica y de algunos compuestos clave que pueden tener origen en la actividad humana como nitratos y fosfatos para el sistema acuífero del abanico aluvial del volcán de Fuego. Esta información ha permitido analizar procesos de intrusión marina, fracción de agua marina, contaminación por nitratos y evaluar la calidad de agua subterránea para riego (Figura 12), así como comprender el movimiento del agua subterránea en el subsuelo.



Figura 12. Mapa de calidad de agua subterránea para riego según su conductividad eléctrica de acuerdo a las directrices de la FAO (1994).



Inicios del monitoreo de calidad del agua de los ríos

En el 2016 se inicia el monitoreo de calidad del agua en 28 ríos de la costa sur de Guatemala, como solicitud del gremio azucarero, monitoreando un total de 58 puntos; del 2016 al 2018 con cuatro monitoreos por cada año disminuyendo a partir de 2019 a únicamente dos. Inicialmente los monitoreos se ejecutaron en inicio y final de la estación seca e inicio y final de la estación lluviosa, en 2019 y 2020 se realiza uno a final de la estación seca y final de la estación lluviosa. Los 58 puntos de muestreo fueron escogidos desde el sur oriente, sur centro y sur occidente de Guatemala, basán-

dose en el uso de los ríos tanto agrícola, industrial y doméstico.

En el 2018 se llevó a cabo el monitoreo de calidad del agua con la Universidad de San Carlos de Guatemala y se comparó la calidad del recurso hídrico de seis ríos con bioindicadores haciendo muestreo de macroinvertebrados.

En total se toman 16 parámetros de calidad del agua, entre los cuales hay físicos, químicos y biológicos, seis mediciones de calidad del agua se hacen en el lugar y los otros 10 parámetros son analizados en un laboratorio de calidad de agua certificado.

Parámetros tomados en el sitio:

1. Oxígeno
2. Temperatura
3. Ph
4. Sólidos Disueltos Totales
5. Conductividad Eléctrica
6. Salinidad

Parámetros analizados por laboratorio según
muestras colectadas:

1. Sólidos Suspendedos Totales
2. Demanda Bioquímica de Oxígeno
3. Demanda Química de Oxígeno
4. Fósforo Total
5. Nitratos
6. Nitritos
7. Amonio
8. Nitrógeno Total
9. Coliformes fecales
10. Turbiedad

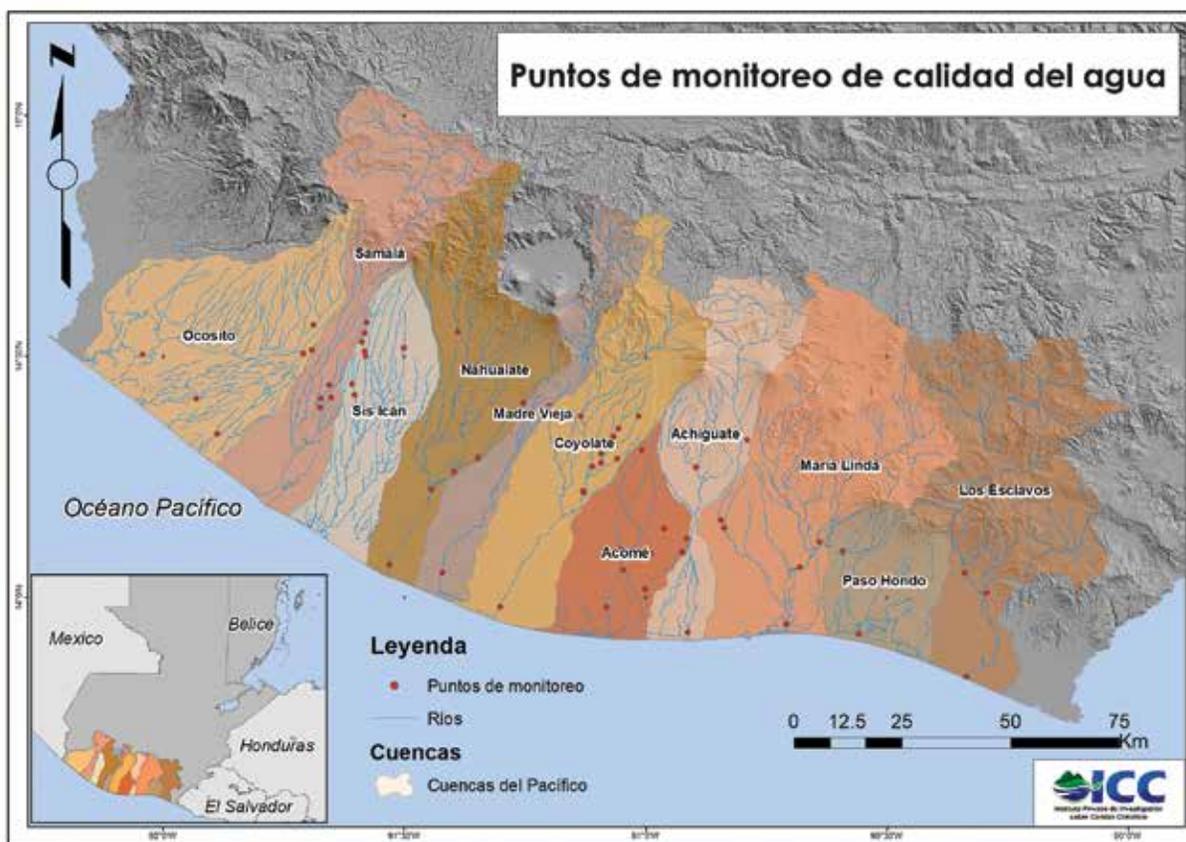


Figura 13. Puntos de monitoreo de calidad del agua.



Investigación y Manejo de Inundaciones



Análisis de inundaciones

A partir del 2011 el ICC ha desarrollado investigación del comportamiento de la amenaza de inundaciones en la vertiente del Pacífico de Guatemala. Con el objetivo de determinar zonas más vulnera-

bles a inundaciones y el impacto a los principales medios de vida de las comunidades, infraestructura y sistemas de producción.

8

Estudios hidrológicos

5

Estudios hidráulicos (modelos unidimensionales)

4

Estudios hidráulicos (modelos bidimensionales)



40

Comunidades han participado en la validación de modelación hidráulica y percepción de riesgo.



1

Estudio de intensidad de precipitación en 5 cuencas de la vertiente del Pacífico de Guatemala.

135

Técnicos del sector público, privado y academia capacitados en sistemas de información geográfica para el mapeo de inundaciones.



El ICC forma parte de la mesa interinstitucional de Sensores Remotos

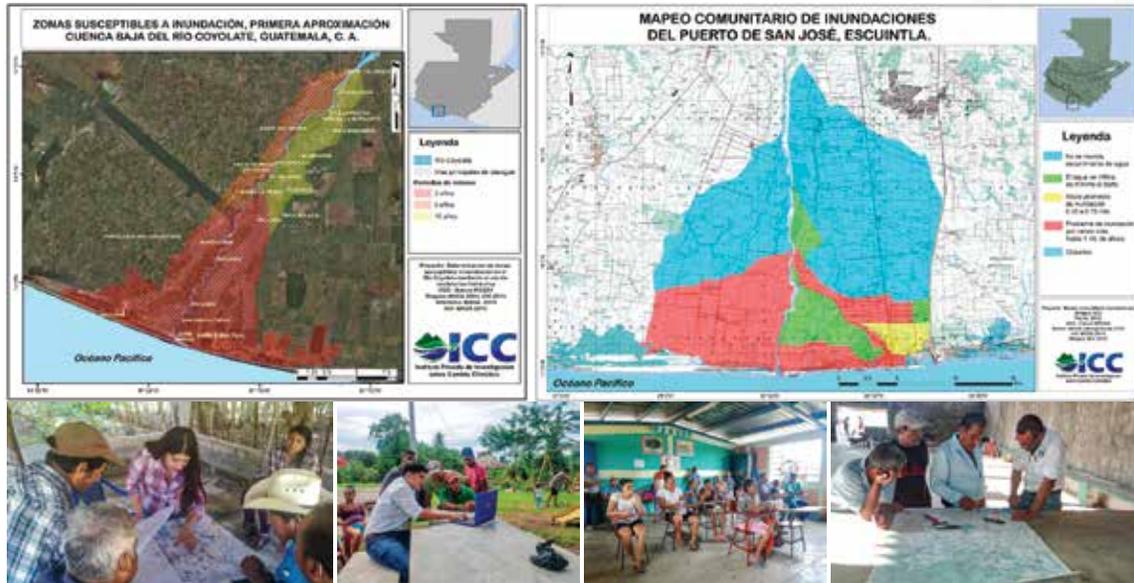


Figura 14. Collage de mapas y acciones varias del análisis de inundaciones.

Mapas de zonas susceptibles a inundaciones

Previo a la constitución del ICC, instituciones como JICA y SEGEPLAN, hicieron estudios de inundaciones en algunas cuencas de la costa sur de Guatemala. A partir del 2012, el ICC continuó con el desarrollo de estos estudios, para complementar los esfuerzos de las instituciones y poder

generar un solo mapa de zonas de inundación para la vertiente del Pacífico de Guatemala.

Por solicitud de algunas municipalidades o comunidades, se elaboraron mapas locales de zonas inundables combinando conocimiento científico con el local. Entre los lugares que se han estudiado están: Sipacate, el Puerto de San José, las ciudades de Escuintla y de Santa Lucía Cotzumalguapa.

11

Cuencas de la vertiente del Pacífico.

1

Mapa de zonas de inundación de las cuencas del río El Naranjo al río Los Esclavos.

37

Municipios con información actualizada para la toma de decisiones y aporte para los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.



Figura 15. Zonas de inundación en la vertiente del Pacífico de Guatemala, cuencas El Naranjo a Los Esclavos.



Gases de Efecto Invernadero



Huella de Carbono del Azúcar de Guatemala

Desde el 2011 el ICC inició el proceso para realizar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en la producción del azúcar de Guatemala, basado en metodologías internacionales. Se utilizaron las “Directrices del IPCC¹ DE 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI”, las que fueron complementadas con otros protocolos y guías. El primer estudio, que incluyó tanto el componente agrícola como el industrial, se realizó para la zafra 2010-2011; y desde entonces se ha realizado este inventario para cada zafra, mejorando y afinando el protocolo cada año para la colecta de información, así como su procesamiento. En total se han hecho ocho estudios.

Los gases de efecto invernadero incluidos en el inventario son el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, y utilizando los valores de potencial de calentamiento global indicadas en el Quinto Informe del IPCC se han estimado las emisiones en una misma unidad: toneladas de CO₂eq (IPCC, 2014). Las fuentes de emisiones incluidas así como las fuentes de fijación de carbono y de emisiones evitadas se presentan en la siguiente figura.

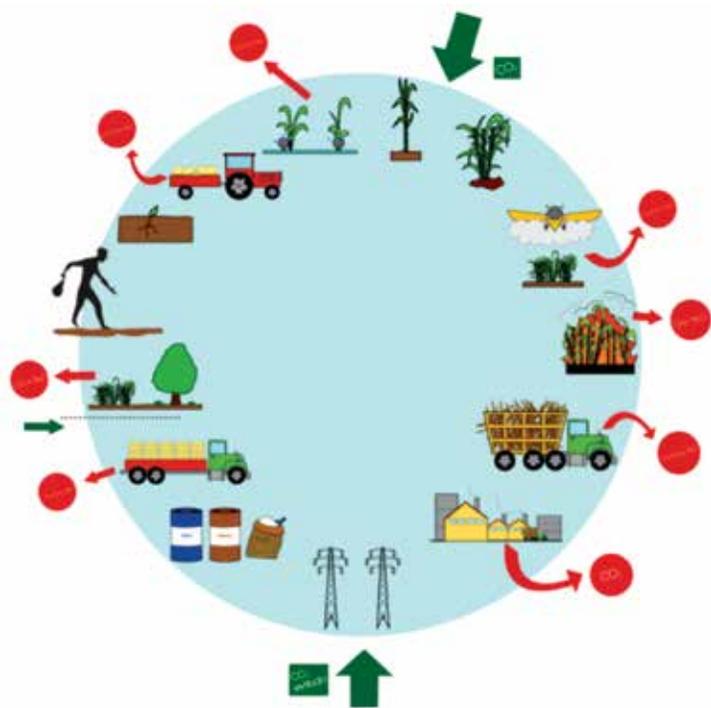


Figura 16. Ciclo de vida de la producción de azúcar utilizado para la estimación del inventario de gases de efecto invernadero (GEI).

¹ Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

Siguiendo metodologías internacionales, el ICC ha estimado que las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción de azúcar en Guatemala son de 766,391 toneladas de CO₂eq. Esto equivale al 2.5% de las emisiones del país.

Para la zafra 2018-2019 se estimaron un total de emisiones de 766,391 tCO₂eq. Los porcentajes de las distintas fuentes de emisión se aprecian en la siguiente figura:

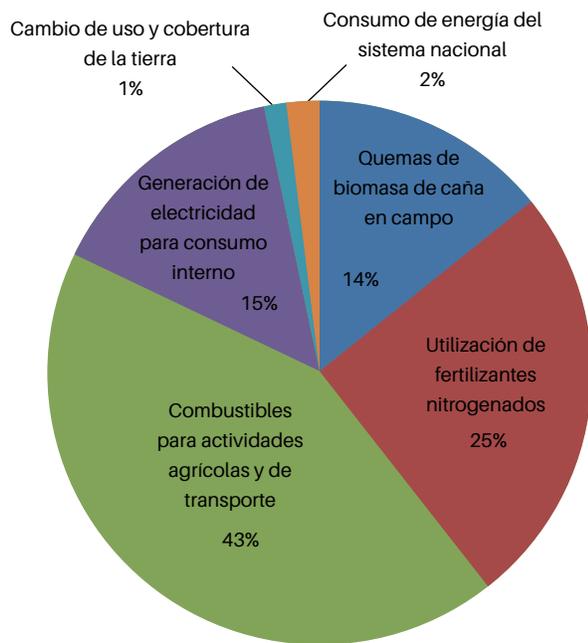


Figura 17. Porcentaje de emisiones de CO₂eq por actividad evaluada en la producción de azúcar de la AIA durante la zafra 2018-2019.

Según estos datos y tomando la producción total de azúcar, la huella de carbono del azúcar de Guatemala para la zafra 2018-2019 se estimó en 0.26kg de CO₂eq por cada kilogramo de azúcar producido.

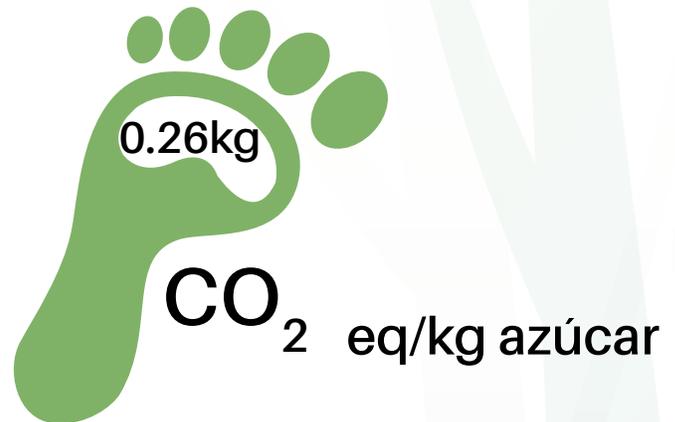


Figura 18. Huella de carbono del azúcar de Guatemala, zafra 2018-2019.

Las estimaciones que el ICC ha realizado a lo largo de ocho años han indicado una reducción de la huella de carbono del azúcar, esto se relaciona a mejoras en los rendimientos en la producción de azúcar, así como a la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados y combustibles fósiles para actividades agrícolas y de transporte a nivel de las empresas.

Según los estudios anuales del ICC, la huella de carbono del Azúcar de Guatemala ha bajado de 0.32 (zafra 2010-2011) a 0.26kgCO₂eq/kg de azúcar (zafra 2018-19), siendo una de las más bajas del mundo.

Huella de carbono de la energía generada por la Agroindustria Azucarera de Guatemala

Este estudio se ha realizado de manera simultánea con la huella de carbono de la producción de azúcar desde el 2012. Durante cada zafra una proporción de la energía generada por los ingenios es usada para consumo interno y otra proporción es suministrada al sistema nacional interconectado para consumo de población del país.

En la zafra 2018-2019 los ingenios suministraron al país el 68% de la energía que produjeron. Según CENGICANÁ, durante noviembre del 2018 a junio de 2019 el 23.7% de la energía del país fue generada a partir de biomasa de caña en los ingenios azucareros, lo que constituye una fuente renovable de energía.

Durante la zafra 2018-2019, la biomasa de caña de azúcar hizo posible generar el 80.7% del total de energía generada por la Agroindustria Azucarera de Guatemala, y representó tan solo el 12% de las emisiones del proceso de generación de energía.

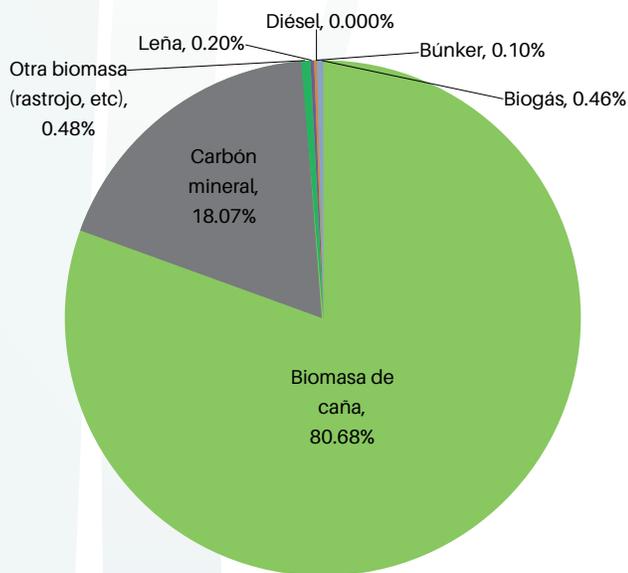


Figura 19. Generación de energía eléctrica de la AIA según combustible utilizado durante la zafra 2018-2019.

La utilización de la biomasa de caña para la generación de electricidad le evita al país casi 4 millones de toneladas de CO₂eq al año que resultarían de utilizar carbón mineral (un combustible fósil) considerando que se genera durante la estación seca.

Utilizar el bagazo como combustible para generar energía evitó emisiones de GEI que resultarían de la combustión de búnker o carbón mineral si no se contara con esta fuente renovable. Para la zafra 2018-2019 se estimó que las emisiones evitadas estuvieron en el rango de entre 3,707,414 (si se usara búnker) y 3,974,979tCO₂eq (si se usara carbón mineral). Con esto se evitó la combustión de 316 millones de galones de búnker o bien la combustión de 1.54 millones de toneladas de carbón mineral para generar esta energía. Esto constituye un importante aporte en materia de mitigación del cambio climático, para el país y en general a nivel mundial.

Para esta zafra, las emisiones de GEI del proceso de generación de energía eléctrica se estimaron en 924,079tCO₂eq, de las cuales el carbón mineral generó el 87% de dichas emisiones.

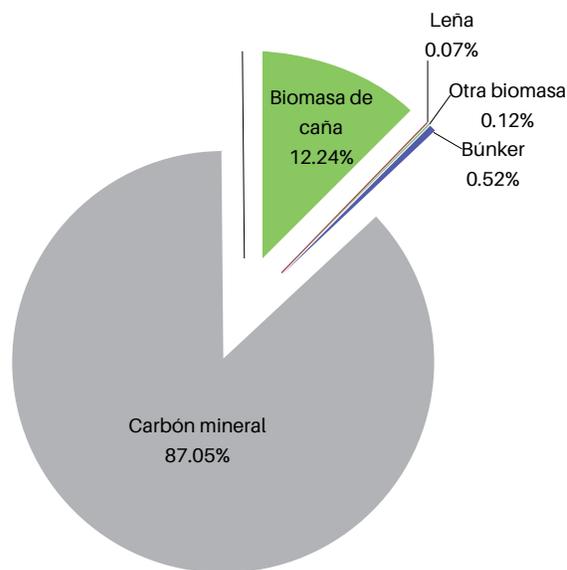


Figura 20. Emisiones por combustible utilizado para la generación de energía eléctrica de la AIA según combustible utilizado durante la zafra 2018-2019.

El factor de emisión de la energía generada en esta zafra fue de 0.26kgCO₂eq/kWh, que incluye la energía de uso interno y la suministrada al sistema nacional interconectado. Este valor es inferior al factor de emisión de gases de efecto invernadero de la red eléctrica a nivel nacional estimado en 0.3671kgCO₂eq/kWh, según lo publicado por el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala en el 2018.

En las operaciones de la Agroindustria Azucarrera de Guatemala, este factor de emisión ha tenido variaciones importantes, especialmente al compa-

rar la situación de finales de la década de los 90 en que el búnker era el principal combustible utilizado para la generación de energía en la temporada de zafra. Esta dinámica fue cambiando año con año, reduciendo el uso de este combustible fósil, y al mismo tiempo incrementando la energía generada con biomasa de caña de azúcar como fuente renovable. Por ejemplo, a la zafra 1999-2000 el búnker hizo posible la generación del 46% de la energía, mientras que a la zafra 2018-2019 tan solo representó el 0.52%. Este comportamiento puede apreciarse en la siguiente figura.

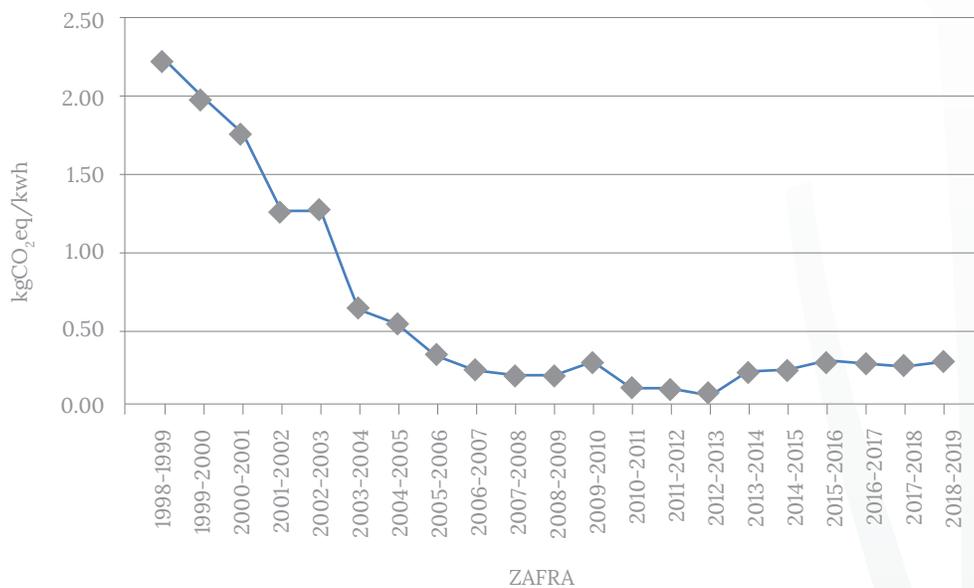


Figura 21. Factor de emisión de la energía eléctrica de la AIA desde la zafra 1998-1999 a la 2018-2019.

Esta reducción en el factor de emisión de la energía es uno de los elementos que han contribuido a que la huella de carbono del azúcar sea baja en comparación con otros países, pues el rubro de energía eléctrica para el proceso interno de producción de azúcar representa apenas el 15% de esta huella.



Estrategia de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la producción de Azúcar de Guatemala

Los estudios de estimación de la huella de carbono del azúcar de Guatemala, realizados por el ICC desde el 2011 han tenido como objetivo identificar hacia dónde deberían dirigirse las estrategias o políticas del sector azucarero para reducir sus emisiones. Por ello en el 2018 se inició con el proceso de construcción de la Estrategia de Reducción de Emisiones de GEI de la Agroindustria Azucarera de Guatemala con el apoyo del Pro-

yecto Desarrollo con Bajas Emisiones (LEDS por sus siglas en inglés), financiado por USAID. Como primer paso, se hizo una revisión de documentos y registros históricos de la agroindustria, especialmente en las actividades de cogeneración y eficiencia energética, utilización de fertilizantes nitrogenados, así como el uso de combustibles fósiles para transporte y actividades agrícolas. Estos análisis evidenciaron la evolución de la agroindustria azucarera hacia procesos más eficientes y sostenibles, y al mismo tiempo mostraron sus avances en la reducción de GEI en los últimos 20 años. Una muestra de estos esfuerzos se puede apreciar en las siguientes figuras:

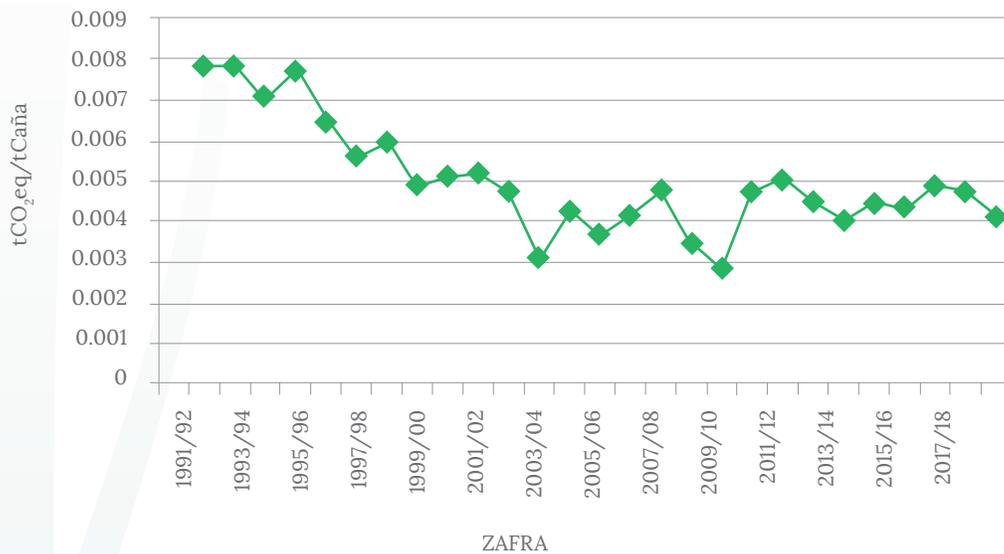


Figura 22. Emisiones derivadas del uso de fertilizantes nitrogenados en cultivo de caña de azúcar en fase de plantía.

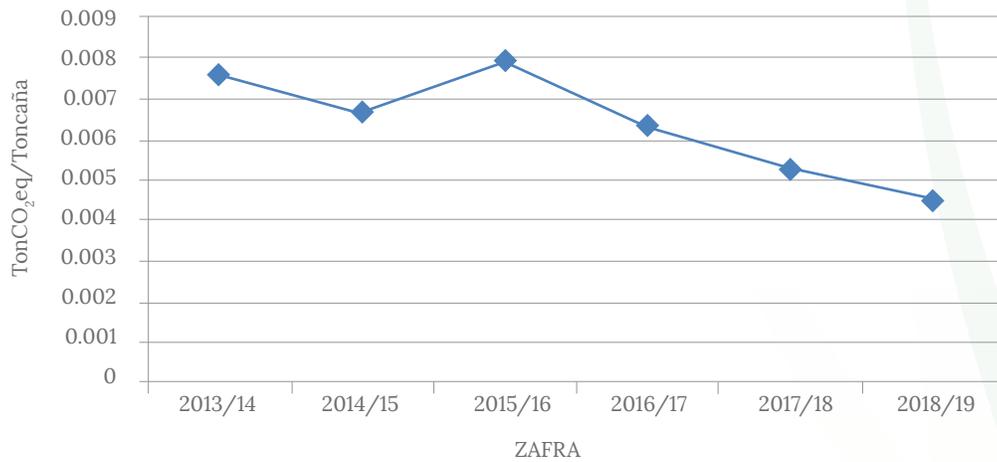


Figura 23. Emisiones derivadas de la operación de actividades de riego en cultivo de caña de azúcar.



Figura 24. Emisiones derivadas del transporte de la caña de azúcar durante la cosecha.

Dentro de este proceso se hicieron visitas de campo que permitieron identificar y caracterizar las buenas prácticas que reducen emisiones, como por ejemplo, las iniciativas de electrificación de los motores para riego, así como la captura de metano para producir bioenergía. Se participó en di-

ferentes comités establecidos en la agroindustria (Figura 26) y se organizó un taller para consultar y discutir las implicaciones técnicas y financieras de las opciones de mitigación que ICC presentó como propuesta inicial para reducir las emisiones del gremio.

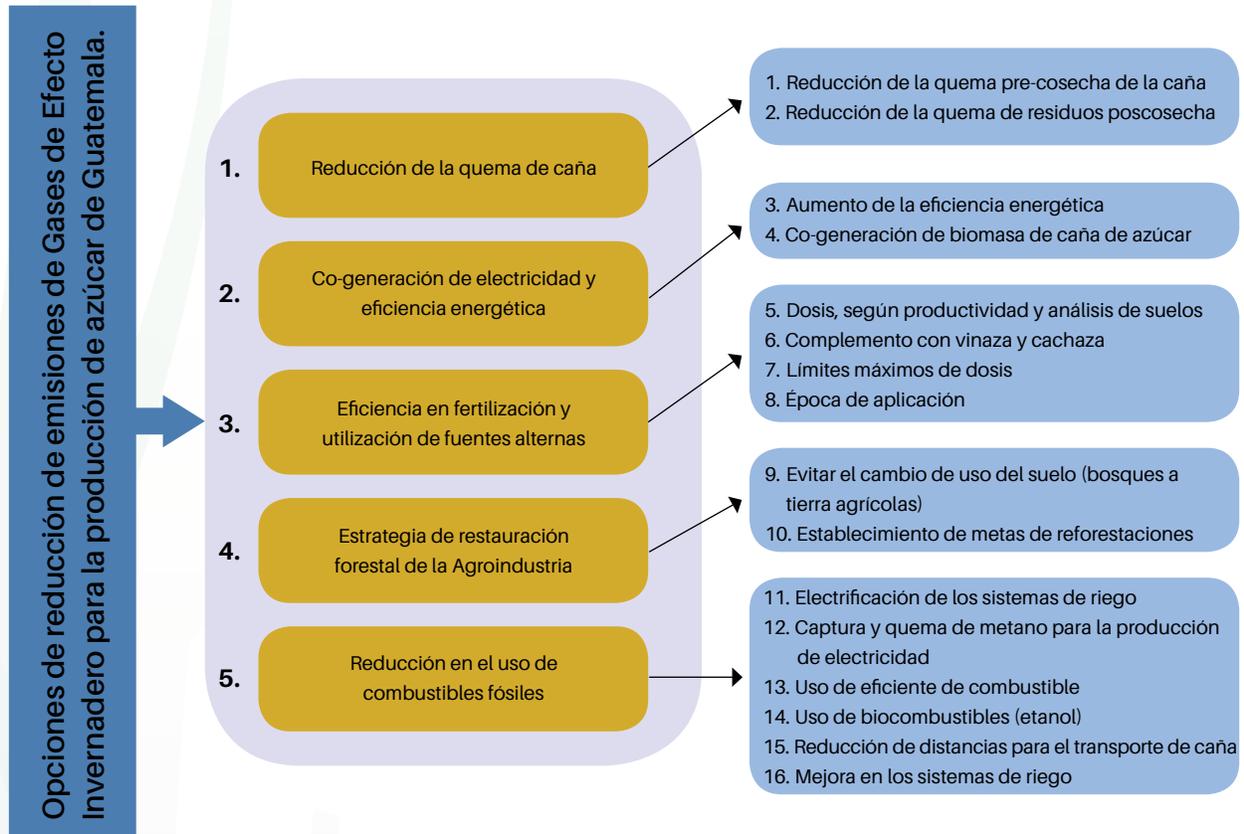


Figura 25. Opciones de reducción de emisiones de GEI en la producción de azúcar de Guatemala identificadas preliminarmente.



Figura 26. Participación en reunión de comité de cosecha.

Según los análisis realizados, la mejor oportunidad de reducir emisiones para la agroindustria azucarera es la electrificación de bombas de riego. La eliminación de la quema de la caña no es una opción significativa porque las máquinas cosechadoras utilizan diésel y, entonces, la reducción de emisiones es muy baja.

El proceso de consulta y discusión permitió definir los alcances y análisis de las medidas. Estos insumos fueron clave para la construcción de la Curva de Costo Marginal de Abatimiento o Mitigación (MACC, por sus siglas en inglés) que se presenta en la figura 27, cuya herramienta permi-

tirá comparar gráficamente las diversas opciones de mitigación en función de su potencial de reducción de GEI y el costo o ahorro marginal de implementarlas, permitiendo ser una herramienta que oriente a las empresas sobre las prioridades de inversión e implementación.

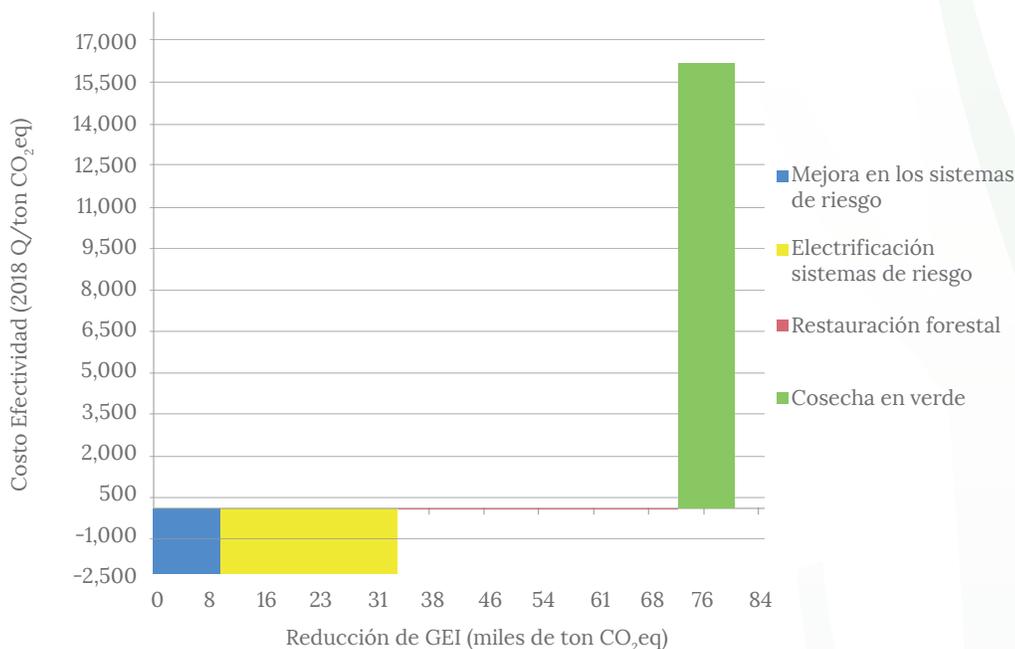


Figura 27. Curva costo marginal de abatimiento para la agroindustria azucarera de Guatemala (costo por tonelada abatida, 2018 Q/ton CO₂eq).

La implementación de las opciones de mitigación incluidas en la curva podría representar la oportunidad de reducir hasta un 5.57% de las emisiones actuales. La implementación de acciones de restauración forestal propuestas podría representar la compensación del 5% de las emisiones actuales.

Huella de carbono de la Producción Independiente de Banano de Guatemala y su Estrategia de Reducción de Emisiones de GEI

El ICC, en coordinación con la Asociación de Productores Independientes de Banano (APIB), ha desarrollado los inventarios de gases de efecto in-

vernadero -GEI- y huella de carbono del banano para los años 2014, 2015, 2017 y 2018, con base a procedimientos internacionales aprobados como son las directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de GEI. Los gases que se reportan en el inventario son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) expresados en toneladas de CO₂ equivalente (ton CO₂eq). El inventario considera las emisiones de GEI resultantes del proceso de producción y empaque del banano, que incluye emisiones directas por el uso de combustibles fósiles para actividades agrícolas y transporte interno, combustibles fósiles para generación de electricidad en las plantas empacadoras, emisiones directas e indirectas por la utilización y aplicación de fertilizantes nitrogenados y

emisiones indirectas como consecuencia del consumo de energía eléctrica proveniente de la red nacional. En el estudio de 2018, no se incluyeron emisiones por el cambio de uso del suelo, pues las pocas áreas nuevas de cultivo de banano se habilitaron en lugares que ya eran de uso agrícola. Los resultados demuestran, que para la Producción Independiente de Banano de Guatemala 2018, se generó un total de 132,888.79 tonCO₂eq, que representan el 0.37% de las emisiones nacionales según el último inventario realizado (MARN, 2015). La huella de carbono fue de 0.09 kg de CO₂eq/kg de banano producido. En la siguiente figura, se muestra la distribución de las emisiones:

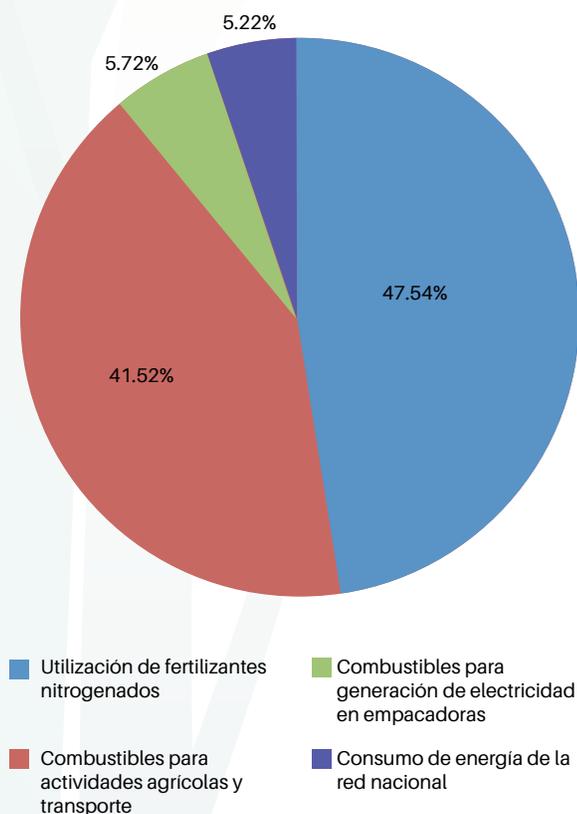


Figura 28: Porcentaje de emisiones de CO₂ eq por actividades relacionadas a la producción y empaque en la producción independiente de banano de Guatemala 2018.

En el 2018 el ICC inició la elaboración de la estrategia de reducción de emisiones de GEI, para la producción independiente de banano, con el apoyo del Proyecto Desarrollo con Bajas Emisiones, financiado por USAID. La estrategia describe las oportunidades que tienen las empresas productoras de banano, para reducir sus emisiones, considerando los costos y beneficios adicionales que representarían al implementarlas. Fue un proceso inclusivo, donde se tuvieron visitas de campo para identificar y caracterizar las buenas prácticas que ya se realizan, además se organizó un taller de validación y consulta, donde participaron 25 técnicos de las diferentes empresas.



Figura 29: Taller de validación y consulta con técnicos de las empresas bananeras.



Figura 30: Experiencia en la electrificación de los motores para riego en el cultivo de banano.

Se desarrolló un taller y visitas de campo a diferentes empresas bananeras para definir los alcances y priorizar las medidas de reducción de emisiones en función a su viabilidad técnica y financiera, siendo estos insumos importantes para la construcción de la Curva MACC (por sus siglas

en inglés). En general, se priorizaron aquellas opciones que representan un ahorro y un alto potencial de reducción de emisiones. En el caso de los productores de banano, las opciones identificadas fueron: sistemas de riego más eficientes y la electrificación de los motores para riego.

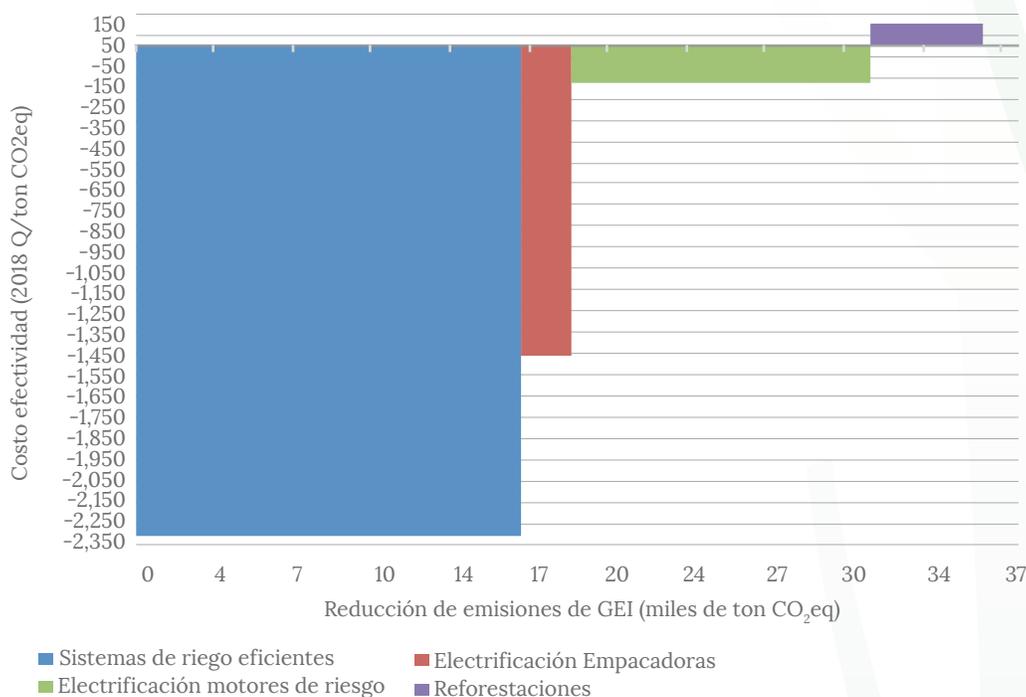


Figura 31: Curva costo marginal de abatimiento para la producción independiente de banano de Guatemala.

La Producción Independiente de Banano de Guatemala en 2018 generó un total de 132,889 tonCO₂eq, que representan el 0.37% de las emisiones nacionales. La huella de carbono es de 0.09 kgCO₂eq/ kg de banano para la fase de cultivo y empaque.



Huella hídrica de la caña de azúcar y del cultivo del banano

A partir del 2018 inició el desarrollo del protocolo para la estimación de huella hídrica de la caña de azúcar así como del cultivo del banano basado en la metodología de evaluación de Huella Hídrica planteado por la Red Internacional de Huella Hídrica (WFN, por sus siglas en inglés).

La huella hídrica es un indicador que define el volumen de agua que se utiliza para la producción de un bien o servicio. Tiene 3 componentes: 1) huella hídrica verde, es la que aporta la lluvia; 2) huella hídrica azul, es el agua que se obtiene de un cuerpo de agua superficial o subterráneo; y 3) Huella hídrica gris, es el agua que queda después de un

proceso y que debe ser tratada de forma adecuada para ser reincorporada a la naturaleza.

Se utilizó la información meteorológica durante la temporada de desarrollo del cultivo, procesada mediante el software desarrollado por la FAO CROPWAT 8.0. Se utilizó la información suministrada por la Red de Estaciones Meteorológicas ICC. En el caso del banano, se complementó con la información pluviométrica de las unidades bajo producción. La huella hídrica azul se estimó utilizando los registros de los volúmenes de agua y rendimientos presentados por las empresas que participaron en el estudio. La huella hídrica gris se estimó considerando la posible contaminación por el uso de fertilizantes nitrogenados para el proceso agrícola.

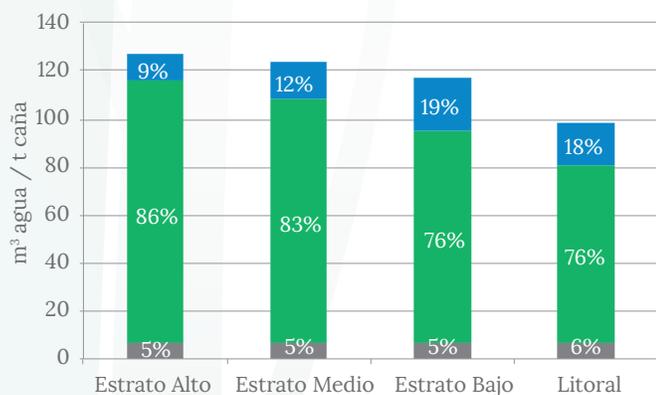
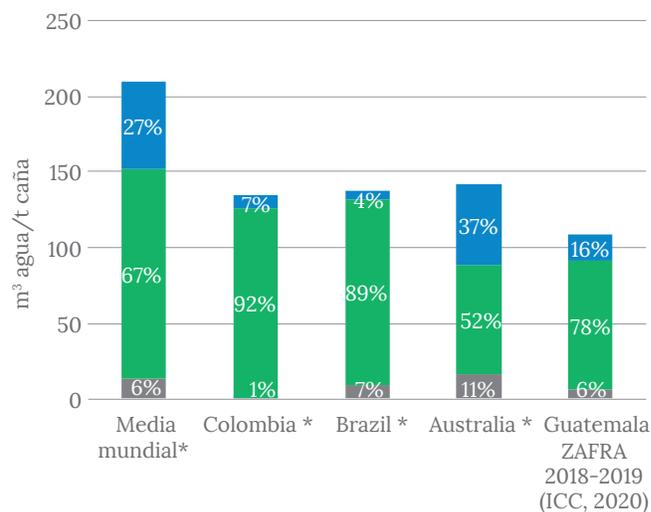


Figura 32. Huella hídrica del cultivo de caña de azúcar, según estrato altitudinal (verde: agua de lluvia, azul: riego, gris: dilución de contaminación), zafra 2018-2019



* Fuente: Hoekstra, A; Mekonnen, M. 2011

Figura 33. Comparación de la huella hídrica del cultivo de caña de azúcar en otros países con Guatemala (zafra 2018-2019)

En cuanto al cultivo del banano, se incluyeron 39 fincas agremiadas a la Asociación de Productores Independientes de Banano (APIB) que en conjunto suman 11,084 hectáreas, distribuidas en la vertiente del Pacífico.

Los resultados indican que el cultivo de banano, para esta zona de producción, tiene un requeri-

miento anual de agua (ETc) de 1,696 mm/año, siendo los meses de marzo, julio y noviembre los de mayor demanda (figura 34). La lluvia contribuyó entre 681 a 936 mm/año (ETv) por lo que el riego complementó el requerimiento del cultivo (ETa).

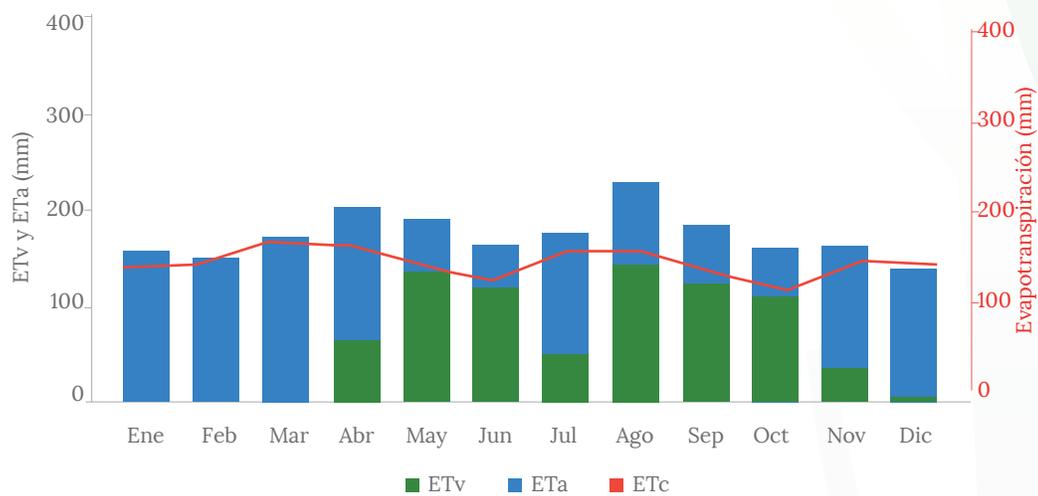
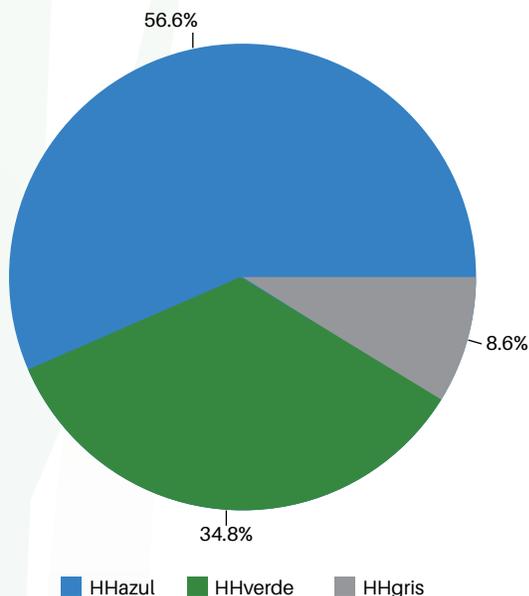


Figura 34. Requerimiento hídrico medio del cultivo de banano en la vertiente del Pacífico de Guatemala.

Utilizando una metodología internacional, se determinó que la huella hídrica de la caña de azúcar en Guatemala es de 109m³/ tonelada de caña. El 78% lo brinda la lluvia y el 16% se cubre con agua de ríos y pozos a través de riego. La huella es mucho más baja que la estimada para la caña de azúcar a nivel mundial (promedio 201m³/tonelada).

La huella hídrica media para esta zona de producción es de 6 metros cúbicos de agua por cada caja de 18.86 kilogramos de banano empacado -m³/

caja- lo que equivale a 0.32 metros cúbicos de agua por kilogramo de banano (figura 35).



El banano de Guatemala tiene una de las huellas hídricas más bajas del mundo con 320m³/tonelada, comparada con 790m³/tonelada que reporta la FAO para el cultivo globalmente.

Figura 35: Proporción según componentes huella hídrica (HH) verde, azul y gris en el cultivo del banano.

Se compararon los resultados obtenidos con datos a nivel mundial, y tal y como se puede observar en la figura 36, la huella hídrica estimada para Guatemala es baja comparada con otros países productores como Perú, Ecuador y República Dominicana, mientras que para Costa Rica se indica una mínima cantidad de agua de riego.

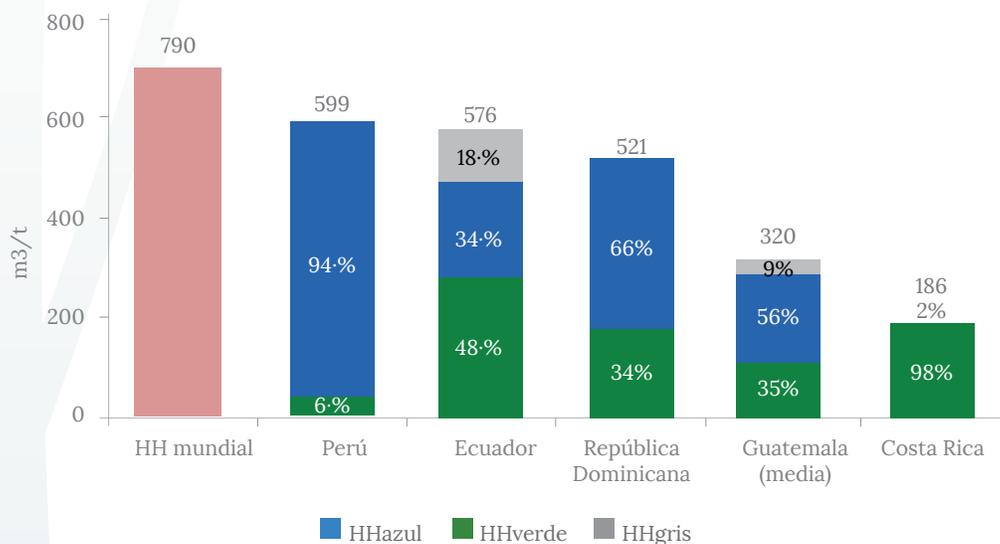


Figura 36: Comparativo de huella hídrica (HH) del cultivo de banano en algunos países. Fuente: FAO, 2017; Zarate, E. y Derk, K., 2013; Zarate, E. y Derk, K., 2017; FAO y GIZ, 2017

Estimación de la huella de carbono y huella hídrica en la producción de aguacate

En el 2019, la empresa Palo Blanco S.A. de Guatemala se volvió miembro del ICC, y como parte de las actividades a desarrollar en conjunto, se encuentra estudiar la huella de carbono y huella hídrica de la producción de aguacate. La huella de carbono busca identificar y cuantificar las fuentes de emisión resultantes del proceso de producción y empaque del aguacate. Según las metodologías internacionales, incluye emisiones directas por el uso de combustibles fósiles para actividades agrícolas y transporte interno, combustibles fósiles para generación de electricidad en la planta empacadora, emisiones directas e indirectas por la utilización y aplicación de fertilizantes nitrogenados y emisiones indirectas por el consumo de energía eléctrica proveniente de la red nacional. Para su cálculo, se toma de referencia las directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de GEI. Los gases que se reportan en el inventario son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) expresados en toneladas de CO_2 equivalente ($\text{ton CO}_2\text{eq}$).

La huella hídrica busca cuantificar el volumen de agua utilizada para la producción de aguacate, tanto de lluvia (denominada agua verde por la metodología internacional), de fuentes subterráneas y superficiales (agua azul) y el agua requerida para diluir el volumen de cierta carga de contaminantes (agua gris). Para su cálculo, se toma de referencia la metodología propuesta por Hoekstra *et al.* (2011).

Los estudios se realizaron en tres fases: 1) visita de campo para caracterizar el ciclo de producción del cultivo de aguacate y la planta empa-

cadora; 2) recopilación de información a través de los formularios que se diseñaron en función a lo observado en la visita de campo; 3) análisis de la información y cálculos correspondientes para determinar las emisiones de GEI que se generan y el volumen de agua que se utiliza por cada kilogramo de aguacate producido.

Se estimó una huella de carbono de 0.24 $\text{kg-CO}_2\text{eq/kg}$ aguacate y una huella hídrica de 477 litros de agua/kg aguacate como media ponderada. El aguacate de Guatemala se distingue de los productores principales del mundo (norte de México, Israel, Chile, España) en que es nativo y se cultiva en lugares húmedos, por lo que la gran mayoría del agua utilizada por el cultivo (90%) proviene de la lluvia (huella verde) y el 5.4% de agua (huella azul) es de riego. En el caso de las plantaciones de Palo Blanco, la cifra es tan baja porque el riego utilizado es por goteo. En el caso de la huella de carbono, es menor que la huella estimada para el aguacate de otros países. Siendo los primeros estudios, seguramente habrá mejoras y mayor detalle a futuro.



Figura 37: Visita a finca de aguacate ubicada en San Miguel Dueñas.



Gestión Ambiental



Política Ambiental del Azúcar y sus normativas

El proceso de elaboración de la Política Ambiental del Azúcar de Guatemala dio inicio en el 2014 y fue un proceso facilitado y orientado por el ICC por solicitud de la Junta Directiva de ASAZGUA. Durante este proceso se realizaron consultas con el Comité Técnico Asesor del ICC, con investigadores de CENGICANÑA, gerentes agrícolas, gerentes industriales y otros delegados de los ingenios, definiéndose los ejes estratégicos de la política y los temas ambientales prioritarios. (Figura 38). En septiembre de 2014 la Junta Directiva de ASAZGUA aprobó la Política Ambiental del Azúcar de Guatemala.



Figura 38. Presentación de la Política Ambiental del Azúcar en diferentes ingenios.

En el 2015, mediante un proceso de consulta se elaboraron y aprobaron los normativos de la política priorizándose los temas de: uso de agua superficial y subterránea en campo, quemas controladas de la caña de azúcar, el uso y aplicación adecuada de agroquímicos y el aprovechamiento de la vinaza.



Figura 39. Ejes estratégicos de la Política Ambiental del Azúcar de Guatemala.

En el 2016 por solicitud de la Junta Directiva de ASAZGUA, se desarrolló un proceso de revisión y actualización de los normativos aprobados en 2015, el cual incluyó reuniones con comités técnicos de CENGICAÑA, representantes de ingenios, gerentes agrícolas e industriales de los ingenios y la Junta Directiva de ASAZGUA (Figura 40). Ese mismo año se continuó con la elaboración de los normativos de la política para el área industrial: manejo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, uso de agua en fábrica y emisiones por chimeneas. En el 2017 el ICC transfirió los normativos formulados a ASAZGUA, en donde se creó la Gerencia de Cumplimiento Ambiental, que es el ente encargado de evaluar durante cada zafra, el cumplimiento de la política y sus normativos, siempre contando con la asesoría del ICC.



Figura 40. Revisión y actualización de la política ambiental con representantes de ingenios.

Política Ambiental y de Cambio Climático del Banano

En el 2015 la Asociación de Productores Independientes de Banano –APIB– solicitó el apoyo del ICC para elaborar su Política Ambiental y de Cambio Climático. El ICC brindó el acompañamiento y asesoría desde su formulación así, como su discu-

sión con las diferentes empresas asociadas. El proceso se desarrolló a través de consultas con las empresas bananeras para definir los temas ambientales prioritarios y ejes estratégicos que debía contener la política. A principios del 2018 la política fue aprobada por la Junta Directiva de APIB.



Figura 41. Discusión de la Política con personal de empresa bananera en Tiquisate, Escuintla.

Esta política constituye el instrumento que orienta las acciones para prevenir y mitigar los impactos ambientales derivados del proceso de producción de banano. Además, contribuye al cumplimiento de los procesos de certificación, siendo una fuente que evidencia el interés y compromiso del sector por el cuidado de su entorno ambiental y social.

Dentro de las acciones consideradas para la implementación de la política están los estudios de Huella de Carbono y Huella Hídrica para las empresas asociadas, cuyas investigaciones han sido realizadas anualmente por ICC. Estas Huellas constituyen el primer paso para el posterior abordaje de los mecanismos de mejora en el desempeño ambiental de los productores de banano en la región, específicamente en lo que se refiere a emisiones de gases de efecto invernadero así como en lo referente al uso del agua.



Política Ambiental y de Cambio Climático de GREPALMA y sus socios

El ICC elaboró esta política como parte de sus tareas dentro del proyecto Estrategia de Desarrollo con Bajas Emisiones para Guatemala, financiado por la cooperación de los Estados Unidos (USAID). El proceso consistió en conocer las operaciones en su componente agrícola e industrial, evaluar los impactos, proponer ejes temáticos y discutir el documento propuesto con técnicos, gerentes y Junta Directiva del gremio. Se definieron siete ejes estratégicos, de los cuales cinco son temáticos: 1) manejo del agua, 2) mitigación y adaptación al cambio climático, 3) manejo de residuos sólidos, 4) manejo y conservación del suelo, 5) conservación de la diversidad biológica. Otros dos son transversales: 6) relacionamiento social y 7) monitoreo y evaluación de implementación. La política fue publicada y presentada a inicios de 2018.

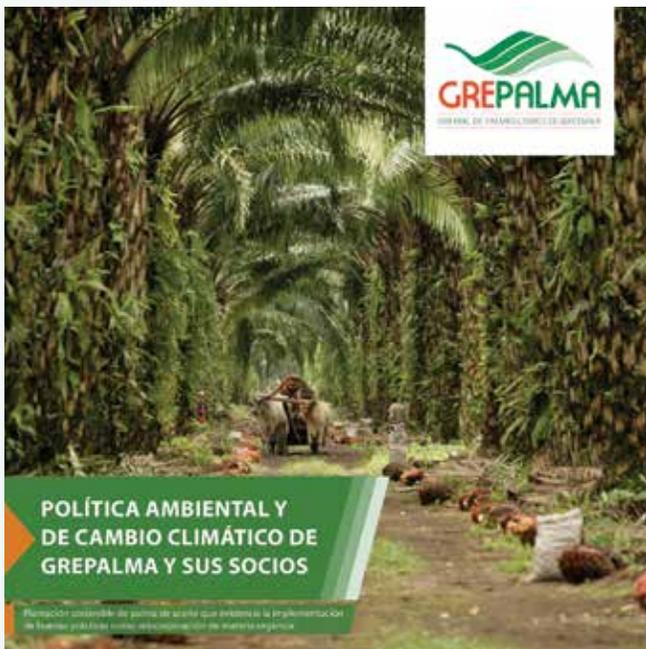


Figura 42. Portada de la Política Ambiental y de Cambio Climático de GREPALMA y sus socios.



Sistema de Quemadas Controladas (SQC), una herramienta para disminuir la caída de la ceniza de caña en zonas sensibles

A finales del 2013 inició el desarrollo del Sistema de Quemadas Controladas (SQC) cuyo objetivo es reducir la caída de pavesa (ceniza de la quema de caña) sobre poblados y otras áreas sensibles. Este sistema fue desarrollado por el ICC y se desarrolló en dos fases principales: 1) Estudio del comportamiento de la dispersión de la pavesa considerando las condiciones meteorológicas en el momento de la quema; y 2) Creación de un sistema dinámico y automático para modelar y registrar la dispersión de la pavesa, y verificar sus posibles impactos en las zonas sensibles identificadas.

Durante las zafras 2013-14 y 2014-15 se desarrollaron 41 experimentos en campo, monitoreando las condiciones meteorológicas, el área de quema, la duración de la quema y el desplazamiento de la pavesa. Con los datos generados se crearon seis ecuaciones que permitieron modelar el comportamiento de cada quema.

A finales del 2014 se desarrolló una aplicación para teléfonos inteligentes, la cual integra las bases técnico-científicas que se generaron acerca del comportamiento de la pavesa, así como las zonas sensibles identificadas. Esta aplicación fue enlazada a la red de estaciones meteorológicas del ICC, las cuales toman lecturas de las variables meteorológicas cada 15 minutos, lo que permite que la aplicación realice, en tiempo real, la modelación de la dispersión de la pavesa y la traslape con las zonas sensibles para recomendar o no la quema, esto hace que sea un sistema automático y dinámico.

A partir de la zafra 2015-16 el ICC dio inicio a una serie de capacitaciones dirigidas al personal de cosecha de ocho ingenios para que estos utilizaran la aplicación. En esa zafra se registró el 37% de las quemas programadas, lo cual ha ido aumentando en cada zafra hasta lograr un 94% de registros durante la zafra 2018-2019.

El sistema o SQC como se le ha nombrado se ha ido mejorando en cada zafra para responder a las necesidades de sus usuarios y con ello contribuir a disminuir la caída de pavesa en las zonas sensibles. A continuación se muestra la línea del tiempo de la evolución del SQC.



Figura 43. Línea del tiempo de la evolución del Sistema de Quemas Controladas (SQC).

Lineamientos para la conservación y restauración de la diversidad biológica en la producción del Azúcar de Guatemala

Con el apoyo del Programa Biodiversidad y Negocios de la cooperación alemana (GIZ), con sede en Costa Rica, se llevó a cabo un proceso para identificar las oportunidades de conservación y restauración de la diversidad biológica dentro de las fincas cañeras y sus áreas de influencia. Los estudios de campo y análisis resultantes sirvieron de base para proponer los lineamientos, que se agrupan alre-

dedor de las siguientes temáticas: 1) protección de manglares y otros humedales; 2) conservación de áreas protegidas; 3) información sobre ecosistemas y especies; 4) protección y restauración de sitios boscosos; 5) mitigación del impacto derivado de actividades productivas (incluyendo la quema y los agroquímicos); y 6) conocimiento y sensibilización para la toma de decisiones en los diferentes niveles.

Este tema constituye uno de los ejes de la Política Ambiental del Azúcar. La propuesta fue elaborada con la participación de representantes de los ingenios y de ASAZGUA y se espera que sea aprobada en el transcurso de 2020 para su pronta implementación.



Protección y restauración de bosques



Bosques de ribera

A partir de 2012 el ICC inició acciones en conjunto con miembros y socios para aumentar la cobertura en las riberas de los ríos de la costa sur. La primera actividad fue diseñar arreglos y formas de restauración con especies nativas, implementándose los primeros ensayos. Del 2014 a 2015 se evaluaron los ensayos y se generó información de línea base sobre la biodiversidad en los bosques de ribera, la cual incluyó flora arbórea, aves, reptiles, anfibios, peces, escarabajos y mariposas. Asimismo, se realizaron investigaciones sobre implementación, seguimiento y evaluación de áreas en restauración.

En la figura 44 se puede ver una línea del tiempo sobre cómo ha sido el proceso que el ICC ha desarrollado a lo largo de estos 10 años para implementar acciones de restauración de riberas de ríos principales de la costa sur; durante este período se restauraron un total de 410.22 hectáreas, como se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. Área de bosques de ribera implementadas de 2012 a 2019.

Año	Área (ha)
2012	17.16
2013	18.67
2014	19.80
2015	17.38
2016	47.36
2017	25.18
2018	27.53
2019	40.94
Plan Madre Vieja (2017-2019)	196.20
Total	410.22



Figura 44. Línea del tiempo del proceso de restauración de bosques de ribera.

Estas áreas son monitoreadas constantemente con el objetivo de documentar su desarrollo y permitir mejoras a la forma de implementar dichas

acciones. Actualmente se cuenta con 40 parcelas para el monitoreo de la restauración en bosques de ribera.

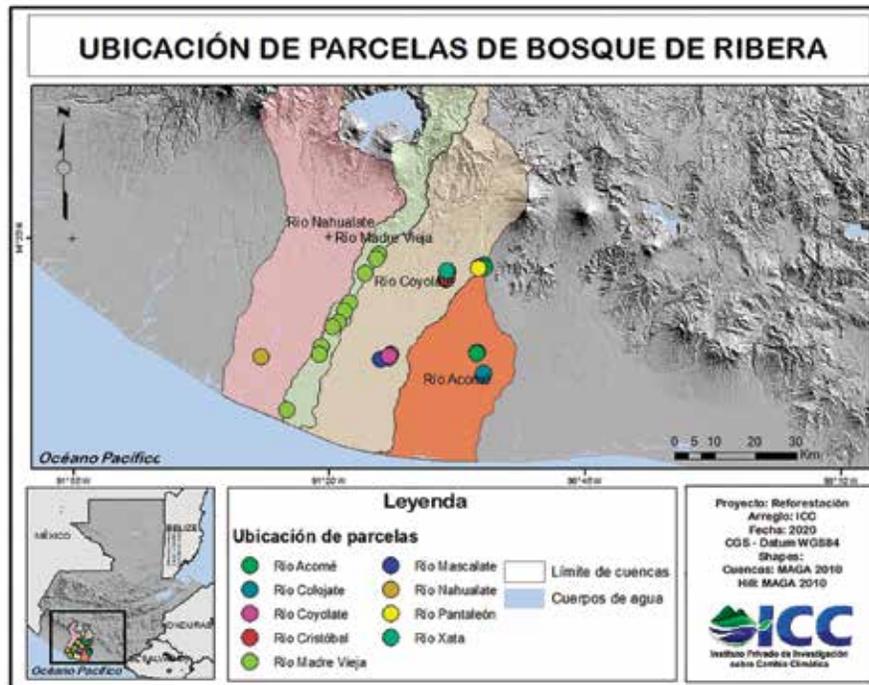


Figura 45. Ubicación de las parcelas de monitoreo de restauración en bosques de ribera.



Restauración de manglares

En 2012 en conjunto con diferentes socios, INAB y CONAP, se iniciaron ensayos en etapa de viveros para evaluar el comportamiento de las especies de mangle previo a llevarlas a campo. Asimismo, se realizaron ensayos de establecimiento con diferentes prácticas de restauración.

En el 2016, con la información generada durante esos ensayos, se elaboró el plan para la restauración de mangle en la vertiente del Pacífico, cuyas

El ICC en alianza con empresas, comunidades e instituciones de gobierno han reforestado más de 86 kilómetros de riberas de ríos en la costa sur de Guatemala con especies nativas.

líneas estratégicas se enfocan en la conservación, restauración y otras actividades complementarias, constituyéndose como una herramienta clave para apoyar la conservación y restauración del ecosistema manglar en el Pacífico de Guatemala.

El plan considera la implementación de acciones de restauración en coordinación con las mesas locales de mangle, que son espacios de diálogo que se conformaron con actores estratégicos como comunidades, municipalidades, instituciones de gobierno y empresas privadas, para propiciar la conservación y restauración de áreas de mangle. A 2020 el ICC participa en las mesas de Iztapa y Tiquisate, en Escuintla; en la mesa del litoral de Suchitepéquez; en Champerico, Retalhuleu; y en La Blanca, San Marcos.

En coordinación con las mesas y el INAB, se ha fomentado la restauración de mangle en el

litoral Pacífico de Guatemala. A la fecha se ha contribuido con 81.39 hectáreas en proceso de restauración. En la figura 46 se puede observar cómo ha sido el proceso desarrollado por ICC desde el 2012 al 2018 sobre restauración de mangle en la costa sur de Guatemala.

Cuadro 3. Área en restauración de mangle implementadas de 2012 a 2019.

Año	Área (ha)
2012	1.29
2013	10.30
2014	11.90
Plan IPG (2014)	20.18
2016	6.12
2017	9.06
2018	10.03
2019	7.51
2020	5.0
Total	81.39

RESTAURACIÓN DE MANGLE

2012

- Evaluación de respuesta a la salinidad o de mangle blanco y negro en etapa de vivero.
- Evaluación de crecimiento en altura de mangle rojo en etapa de vivero.
- Evaluación del desarrollo de mangle blanco y negro en etapa de vivero.
- Estudios de microtopografía en manglares.

2013

- Evaluación de tratamientos germinativos de mangle botoncillo.
- Plan de enriquecimiento y monitoreo del bosque manglar de Mazatenango, Suchitepéquez.

2015

- Análisis de cobertura y fauna asociada al ecosistema manglar en Sipacate-Naranjo.
- Inicia la evaluación de áreas restauradas en mangle.

2016

- Elaboración el plan de restauración manglares en la vertiente del Pacífico de Guatemala.
- Plan de restauración de manglares en Blanca Cecilia, Iztapa (INAB-ICC)
- Implementación de parcelas para el monitoreo de regeneración natural de mangle.

2018

- Plan de conservación y restauración del bosque manglar de Tiquisate, Escuintla.

Otra acción desarrollada como parte del plan de restauración de mangle es la implementación de parcelas permanentes de monitoreo forestal. En conjunto con INAB, desde el 2012 se monitorean 12 parcelas ubicadas en el Área de Conservación Sipacate-Naranjo, Escuintla; en Tahuexco y el Triunfo, Suchitepéquez; y Blanca Cecilia, Iztapa.

El ICC ha promovido o apoyado la recuperación de más de 81 hectáreas de manglares en el litoral guatemalteco en conjunto con comunidades, municipalidades, empresas, el CONAP y el INAB.

Figura 46. Proceso de restauración de mangle.

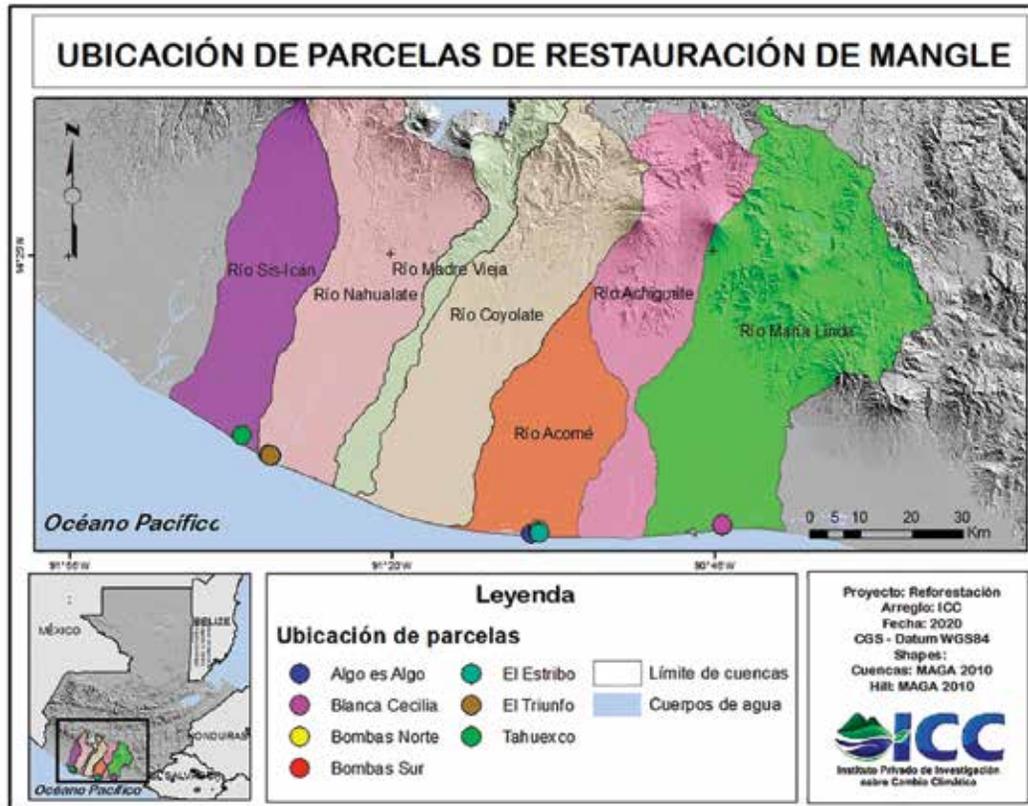


Figura 47. Ubicación de las parcelas de monitoreo de restauración en mangle.

Viveros y la producción de árboles (plántulas)

Una de las principales acciones desarrolladas por el ICC desde sus inicios en 2011 ha sido el establecimiento de viveros forestales, como una iniciativa para aumentar la cobertura forestal de la vertiente del Pacífico de Guatemala y de esta forma contribuir a la mitigación (por fijación de carbono) y adaptación del cambio climático, debido a los múltiples beneficios de los árboles para los humanos y la naturaleza.

En el 2012 se logró una alianza estratégica con el INAB y se unieron esfuerzos para el establecimiento de viveros forestales con especies de rápido crecimiento, nativas y exóticas, y con diversos

usos a nivel local, como energético y de construcción, así como para restauración de bosques. Durante los 10 años de trabajo se han logrado establecer 424 viveros (Cuadro 4) entre regionales, municipales, comunitarios, empresariales y con la participación de diversos actores. Como se puede observar en el cuadro 5, cada año ha variado la cantidad de viveros establecidos, hasta llegar a tener 90 viveros forestales en el 2017, lo cual demuestra un excelente liderazgo y coordinación del ICC, sus socios y aliados.

Del 2011 al 2020, el ICC ha incrementado la relación con actores y logrado una producción de más de 6.6 millones de árboles durante este período; en la figura 48 se puede observar cómo ha sido la producción de árboles desde el 2011.

Cuadro 4. Número de viveros y árboles producidos de 2011 a 2020.

Año	Producción (No. Árboles)	Viveros forestales (No.)
2011	50,430	1
2012	107,080	9
2013	356,000	18
2014	502,859	60
2015	603,946	45
2016	671,078	53
2017	1,042,391	90
2018	1,077,366	78
2019	1,404,918	70
2020	860,000	60
Total	6,676,068	484

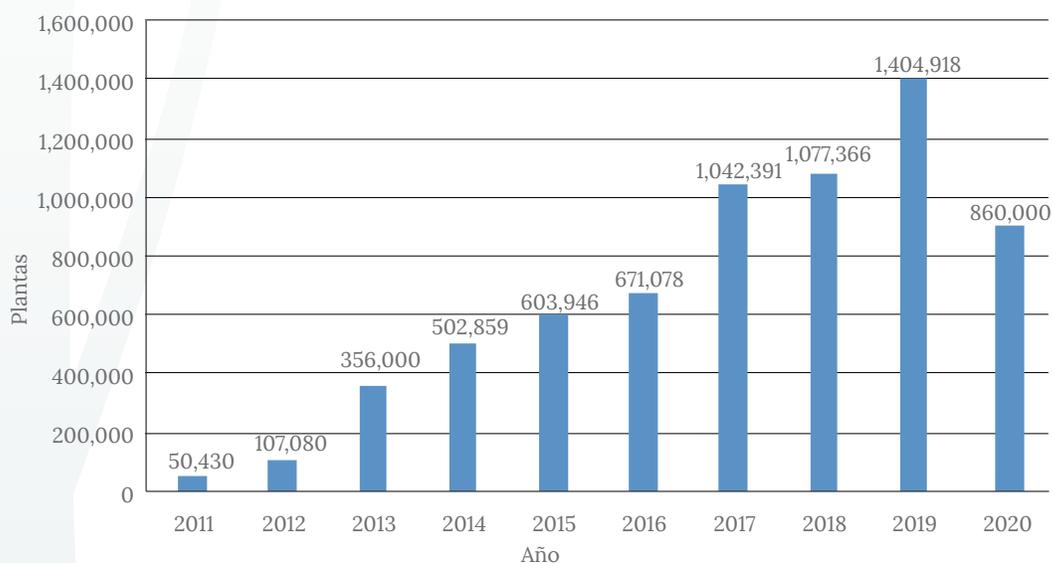


Figura 48. Producción de árboles (plántulas) de 2011 a 2020.

La producción de árboles ha sido posible gracias a las alianzas estratégicas con los actores de la región, pues se ha logrado tener presencia con vive-

ros forestales en 87 municipios de la vertiente del Pacífico.

Cuadro 5. Tipo y número de viveros forestales establecidos por el ICC, período 2011 a 2020.

Año	Regional	Municipal	Comunitario	Institucional	Empresarial	Total
2011	1					1
2012		1	6		2	9
2013		1	17			18
2014	2	7	48	2	1	60
2015	3	10	30	1	1	45
2016	3	9	37	2	2	53
2017	4	43	34	3	6	90
2018	4	50	16	4	4	78
2019	5	45	10	3	7	70
2020	4	27	18	3	8	60
Total	26	193	216	18	31	484

De 2011 a 2020 el ICC promovió y apoyó la producción de más de 6.6 millones de árboles para reforestar parte alta, media y baja de todas las cuencas del Pacífico guatemalteco. Se dieron insumos para 484 viveros: 216 comunitarios, 193 municipales, 18 institucionales, 31 empresariales y 26 regionales.

Del 2011 al 2020 se establecieron viveros forestales con 71 municipalidades, 109 comunidades, cinco viveros forestales regionales, institucionales con INAB, Reservas Militares, MAGA, MARN, Universidad Rural, CUNSUROC-USAC y con 14 empresas azucareras y bananeras.

Las especies que se producen en los viveros son seleccionadas por las comunidades; sin embargo el ICC brinda asesoría técnica para seleccionar las especies que mejor se adapten en la zona de acuerdo a las condiciones que se presentan en la comunidad o el lugar donde se realizan las acciones de restauración y/o reforestación. Se ha logrado la reproducción de 55 especies forestales, de la cuales 48 son nativas y siete exóticas. En el cuadro 6 se presenta el listado de las especies que el ICC ha reproducido en los viveros a lo largo de sus primeros 10 años de trabajo.

Cuadro 6. Listado de especies que se producen en los viveros forestales.

No.	Especie	Nombre común	*LEA	No.	Especie	Nombre común	*LEA
1	<i>Acacia polyphylla</i>	Alacrán		28	<i>Ocotea guatemalensis</i>	Canoj	1
2	<i>Albizia andiocephala</i>	Pata de mula		29	<i>Pachira aquatica</i>	Pumpo	
3	<i>Albizia saman</i>	Cenicero	1	30	<i>Pinus maximinoi</i>	Pino candelillo	
4	<i>Alnus jorullensis</i>	Aliso		31	<i>Pinus oocarpa</i>	Pino colorado	
5	<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	Chichique		32	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino triste	
6	<i>Avicennia germinans</i>	Mangle negro	2	33	<i>Platimyscium dimorphandrum</i>	Hormigo	3
7	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón		34	<i>Quercus sp.</i>	Encino	3
8	<i>Bursera simaruba</i>	Palo de jote		35	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	2
9	<i>Caesalpinea velutina</i>	Aripín		36	<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Palo blanco	
10	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	2	37	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	
11	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	3	38	<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	
12	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle botoncillo	2	39	<i>Schizolobium parahyba</i>	Plumillo	
13	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel		40	<i>Simira salvadorensis</i>	Puntero	3
14	<i>Cordia dentada</i>	Upay		41	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	3
15	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés común		42	<i>Tabebuia guayacan</i>	Cortez	
16	<i>Diphysa americana</i>	Guachipilín		43	<i>Tabebuia rosea</i>	Matilisguate	
17	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Conacaste	3	44	<i>Terminalia oblonga</i>	Volador	
18	<i>Erythrina berteroana</i>	Palo de pito		45	<i>Zanthoxylum aguilarii</i>	Chonte	2
19	<i>Gliricidia sepium</i>	Madre cacao		46	<i>Andira inermis</i>	Almendra cimarrón	
20	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote		47	<i>Lonchocarpus salvadorensis</i>	Chaperno	
21	<i>Inga edulis</i>	Cuje		48	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Marío	3
22	<i>Inga laurina</i>	Caspirol		49	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto camaldulensis	
23	<i>Inga paterno</i>	Chalum		50	<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto grandis	
24	<i>Inga sapindoides</i>	Cushín		51	<i>Eucalyptus torrelliana</i>	Eucalipto torrelliana	
25	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	2	52	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	
26	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena		53	<i>Grevillea robusta</i>	Gravilea	
27	<i>Manilkara zapota</i>	Chico	3	54	<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	
	*Listado de Especies Amenazadas (CONAP, 2009)			55	<i>Tectona grandis</i>	Teca	

Los más de 6.6 millones de árboles producidos por el ICC con numerosos socios pertenecen a 55 especies diferentes, 48 de ellas nativas.



Apoyo a la conservación de bosques

En el 2013 el ICC empezó a brindar apoyo a diferentes instituciones para la conservación de bosques ubicados en la parte alta de cinco cuencas prioritarias de la vertiente del Pacífico (Cuadro 7).

Cuadro 7. Áreas de conservación estratégicas apoyadas por el ICC en la parte alta de 5 cuencas prioritarias.

Organización con la que se coordina	Área bajo conservación (ha)	Ubicación	Cuenca hidrográfica
Comunidad Indígena de Palín	2,295	Finca El Chilar, Palín, Escuintla	Río María Linda (parte media)
Municipalidad de Acatenango / CATIE	560	Parque Regional Municipal Volcán de Acatenango, Sacatepéquez	Río Coyolate (parte alta)
Asociación Amigos del Río Ixtacapa (ADRI)	600	Bosques comunales de Nahualá, Sololá	Río Nahualate (parte alta)
Cooperativa Nahualá R.L.	225	Cerro Pecul, Suchitepéquez	Río Sis-Icán y Río Nahualate (parte alta)
Municipalidad de San Pedro Yepocapa / CATIE	2,152	Astillero Municipal Joya Grande, Chimaltenango	Río Coyolate (parte alta)
TOTAL	5,832		

El apoyo brindado por el ICC en estas áreas se ha desarrollado en conjunto con diferentes socios y organizaciones, y se ha implementado a través de planes de trabajo que incluyen tres líneas estratégicas principales: 1) Monitoreo y vigilancia del bosque, a través de equipos de comunicación y patrullajes coordinados con autoridades gubernamentales, INAB, DIPRONA y comunidades/municipalidades; 2) Prevención y control de incendios forestales, construyendo y/o manteniendo brechas cortafuego, y equipando y capacitando brigadas comunitarias de bomberos forestales; y 3) Ac-

tividades complementarias, que incluyen la implementación de viveros forestales para contribuir a restaurar áreas degradadas o las que han sido afectadas por incendios forestales.

El ICC apoyó la conservación de 5,832 hectáreas de bosques en la parte alta de las cuencas.



Estudios sobre erosión y conservación de suelos en la vertiente del Pacífico de Guatemala y en El Salvador

Guatemala pierde en promedio anualmente 149 millones de toneladas de suelo por procesos de erosión hídrica según Leiva P. (2016). Esto contribuye a la degradación de suelos, menor productividad y el suelo perdido deteriora la calidad del agua de los ríos.

El ICC y sus socios (ingenios azucareros, laboratorio agronómico del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar –CENGICAÑA–, miembros de la Asociación de Productores Independientes de Banano –APIB–, productores de maíz, Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad Rafael Landívar), han desarrollado investigación desde el 2012 para estimar tasas de erosión con el objetivo de generar y validar los planes de manejo y conservación de suelos en áreas agrícolas de la región. Dentro de los estudios se tiene la modelación de la erosión hídrica en cuencas de la vertiente del Pacífico y en la zona cañera guatemalteca a través de la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (USLE, por sus siglas en inglés) y asociada a un sistema de información geográfica. Se complementa con más de 25 estudios sobre erosión y conservación de suelos realizados durante época lluviosa y utilizando métodos directos como parcelas de escorrentía y

clavos de erosión, estos estudios han contribuido a la validación de la cartografía sobre erosión generada (figura 49). La clasificación utilizada de erosión hídrica es la referida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO- et al. (1981), siendo las siguientes: nula a ligera (<10 t/ha/a), moderada (10 a 50 t/ha/a), fuerte (50 a 200 t/ha/a) y muy fuerte (> 200 t/ha/a).

Los resultados de los estudios que el ICC ha desarrollado en campo evidencian para el cultivo de caña de azúcar una tasa de erosión de 25 t/ha/a, mientras que en bosque forestal de eucalipto la tasa fue de 15 t/ha/a, esto en el 2013, cuyo estudio se desarrolló en una de las áreas con mayores intensidades de lluvia reportadas en el país, 6,376 mm/a. Otro estudio en 2017 permitió estimar la tasa de erosión en maíz con un valor de 322 t/ha/a, esto en aldea La Soledad, Chimaltenango, cuya área presentó una pendiente promedio de 55% y un acumulado de lluvia de 1,326 mm/a. En 2019 se inició con el primer estudio de erosión en cultivo de banano, encontrando la tasa de erosión media de 55 t/ha, con un acumulado de lluvia de 1,265 mm/a. Dicho estudio se siguió monitoreando durante el 2020.



Figura 49. Estudios de erosión y conservación de suelos.

Por otro lado la cartografía de erosión hídrica de la zona cañera (figura 50) indica que la producción de sedimentos se concentra en los estratos medio y alto de la zona cañera (100 a 700 metros sobre el nivel del mar -msnm-), esto por las condiciones

suelo-clima, especialmente de estas áreas: suelos de origen volcánico, pendientes mayores al 15% de inclinación y altas precipitaciones entre los 3,000 a 5,000 milímetros anuales.

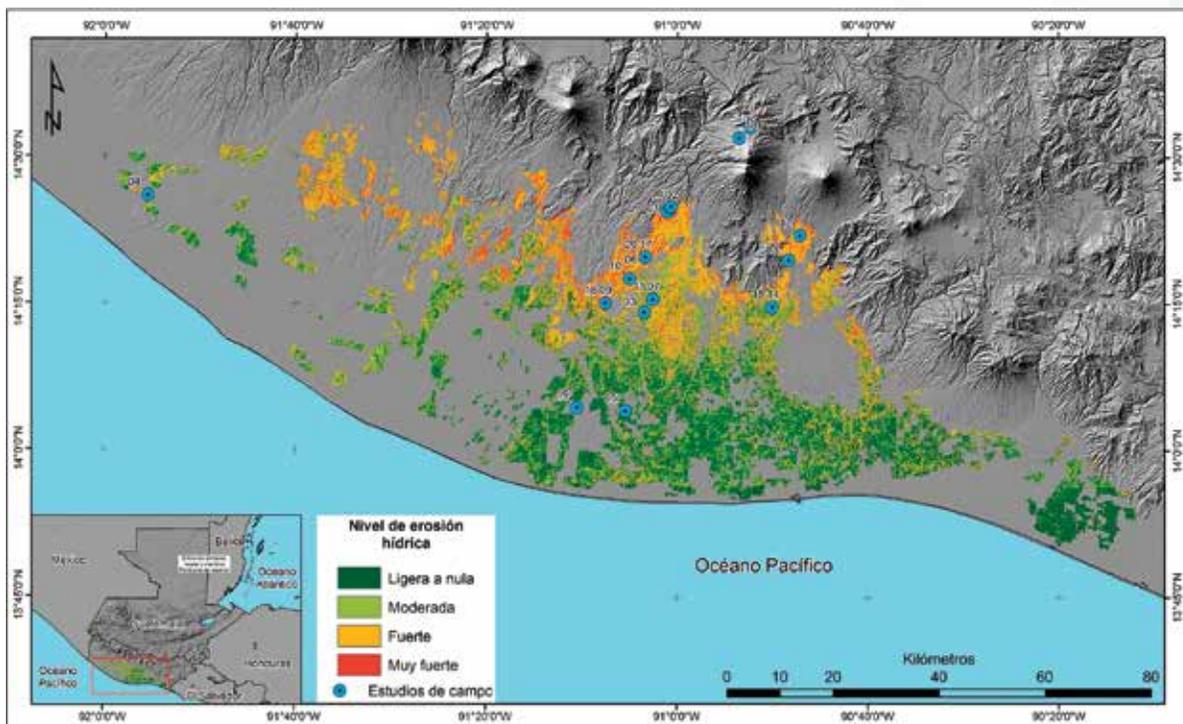


Figura 50. Erosión hídrica en la zona cañera de Guatemala modelada con la USLE y ubicación de estudios en campo.

El sector azucarero desde hace más de 10 años ha invertido en conservación de suelos, en 2020 existen 8 mil hectáreas aproximadamente con estructuras de conservación de suelos, principalmente acequias de ladera, pozos de infiltración, cultivos en contorno y abonos verdes.

Se ha demostrado la efectividad de las acequias de ladera para conservación no solo del recurso suelo sino también del agua. Estas pueden reducir la erosión hasta en un 50% manteniendo la erosión en niveles ligeros a moderados en fincas cañeras de socios del ICC. También permiten una tasa de infiltración alta, estimándose en 3 a >5 centímetros por hora contribuyendo a una mayor dispo-

Las acequias de ladera en cultivo de caña, aparte de reducir la erosión del nivel fuerte al nivel ligero, permite la infiltración de agua. El potencial de captación de agua de lluvia es de 7,630 m³/ha.

sición de humedad para el cultivo y la recarga de acuíferos. Se ha estimado un potencial de captación de agua de lluvia en áreas bajo este diseño con un promedio anual de 7,630 m³/ha. Por sus beneficios en conservación de suelos y recarga de agua subterránea, estas estructuras son un ejemplo de adaptación al cambio climático.



Figura 51. Acequia de ladera en combinación con pozos de infiltración como estructuras de conservación de suelo y agua, en áreas de producción de caña de azúcar.

El ICC ha hecho estudios de erosión y conservación de suelos para el cultivo de maíz en el altiplano, banano, caña de azúcar en Guatemala y caña de azúcar en El Salvador.

En El Salvador empezaron los estudios de erosión y conservación de suelos en 2020 en fincas de los Ingenios Central Izalco y Chaparrastique, del Grupo CASSA. Se espera que las recomendaciones también beneficien a pequeños productores.

La biodiversidad en el agropaisaje del sur de Guatemala

Desde 1995, Guatemala forma parte del Convenio de Diversidad Biológica dentro de la Organización de las Naciones Unidas. Al seno de este tratado internacional, Guatemala fue reconocido como uno de los 20 países mega-diversos, cuyo grupo de países alberga más del 70% de la diversidad biológica conocida del planeta. Reconociendo la importancia de la diversidad biológica, el ICC desde su creación incluyó este componente dentro de sus líneas de trabajo. La primera fase comenzó con la generación de información biológica enfocándose en sus inicios en el estudio de la flora arbórea

a través de diferentes investigaciones, especialmente, en bosques de galería en el agro paisaje del sur del país. En los últimos años estos esfuerzos incluyeron avifauna, reptiles y anfibios, peces, así como escarabajos copronecrófagos, cuyos muestreos se han realizado especialmente en fincas de caña de azúcar.

Flora

Respecto a la flora arbórea en los diferentes estudios se han levantado 161 unidades de muestreo (Figura 52), incluyendo individuos desde regeneración natural hasta árboles maduros, de donde se han identificado 220 especies, de las cuales 23 se encuentran en algún grado de amenaza en los listados del CONAP, CITES o UICN.

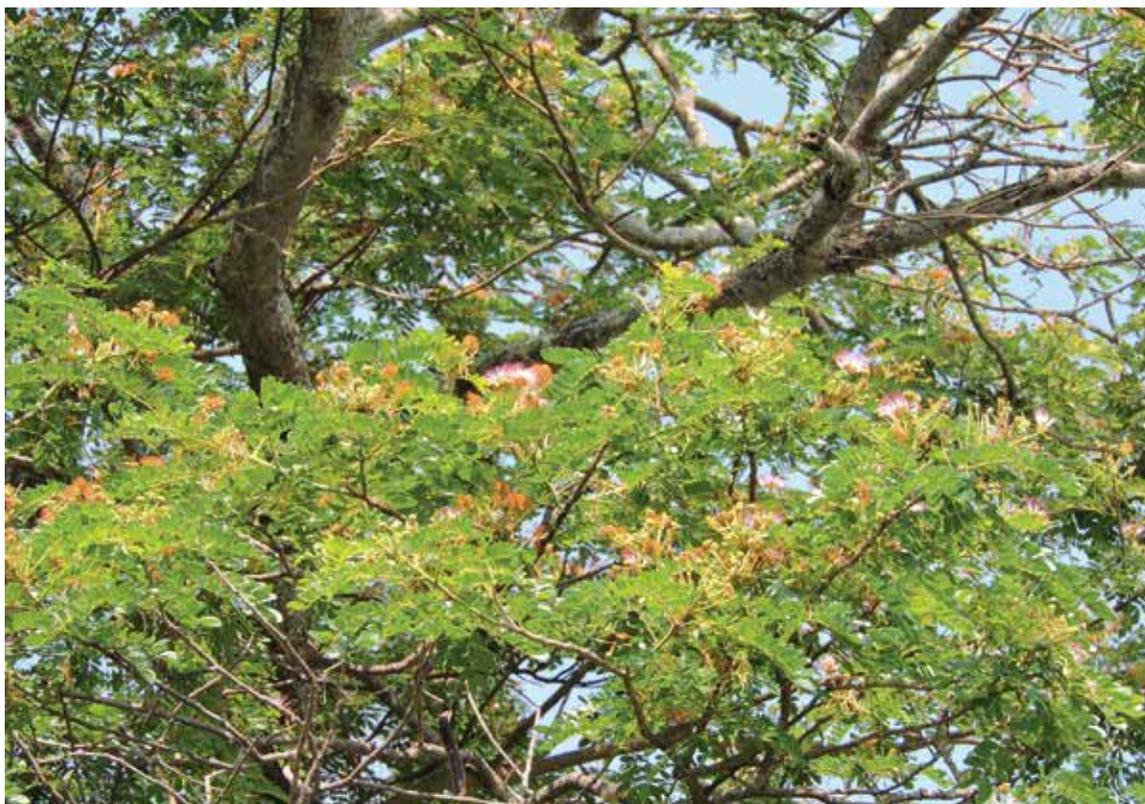


Figura 52. Árbol de la especie *Albizia saman* (Jacq.) F. Muell. (Cenicero), en peligro de extinción según listado de CONAP.

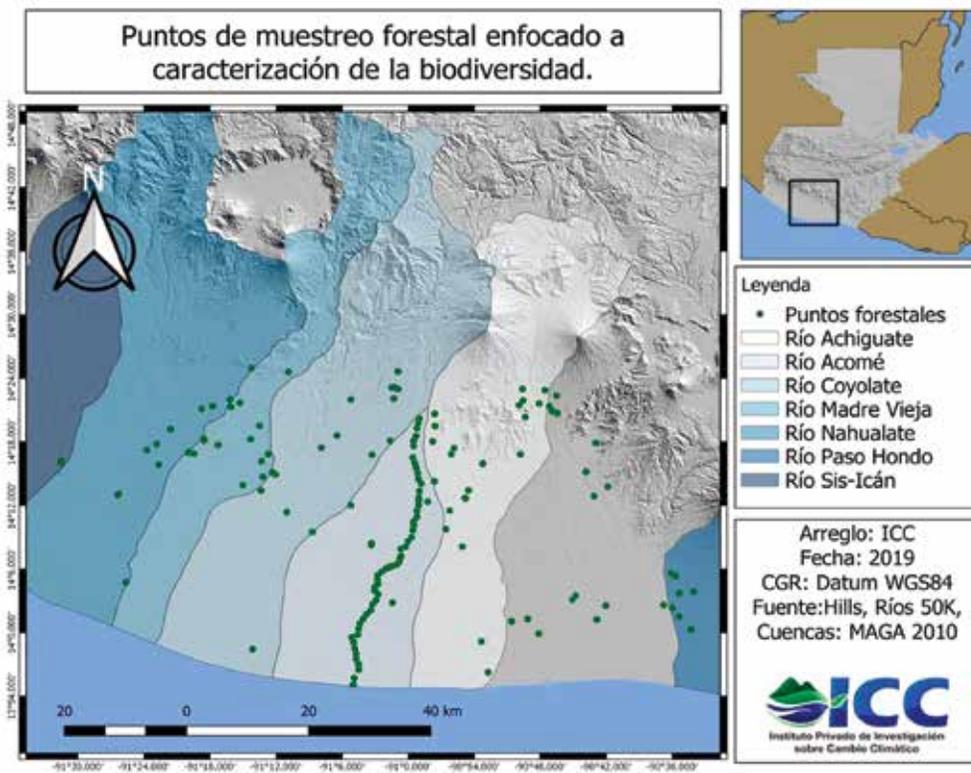


Figura 53. Puntos de muestreo en fincas cañeras para estudiar la flora arbórea.

Aves

Las aves cumplen papeles importantes, tales como saneamiento de ecosistemas, dispersión de semillas, control de plagas, polinización y alimento. A través de los años de labores del ICC se han realizado 119 muestreos identificando 240 especies, de las cuales el 33% son migratorias. Además, se registraron 55 especies con algún grado de amenaza según los listados nacionales, UICN o CITES.



Figura 54. Ejemplar de la especie *Buteo swainsoni* (Bonaparte, 1838), migratoria desde el Oeste de Estados Unidos y Canadá hacia Suramérica. Especie protegida en apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre -CITES-.

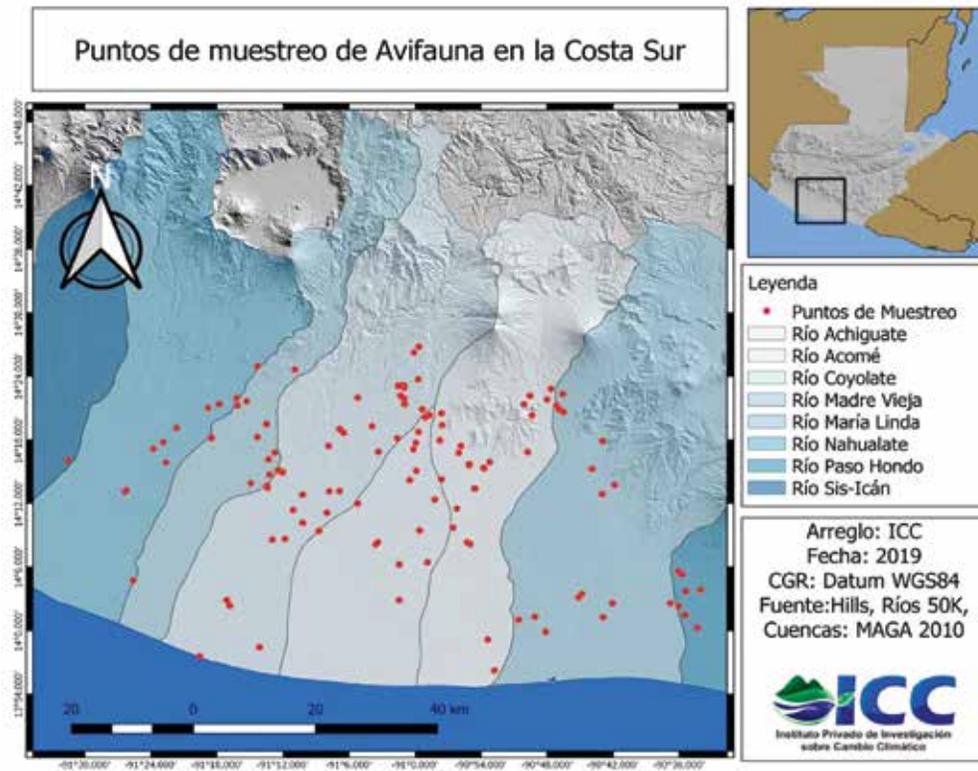


Figura 55. Puntos de muestreo de aves en la zona cañera.

Reptiles y anfibios

Los reptiles y anfibios tienen funciones como el control biológico de plagas y vectores, la facilitación del ciclo de nutrientes, alimento, dispersión de semillas, entre otras. A través de los estudios se han identificado 32 especies de este grupo, donde 10 se reportan con algún grado de amenaza según los listados mencionados.



Figura 56. Culebra cordelilla chata, *Imantodes cenchoa* (Linnaeus, 1758)

Insectos

En cuanto a escarabajos copronecrófagos se habían realizado 90 sitios de muestreo hasta 2019, donde se hallaron al menos 40 especies diferentes. Estos escarabajos pueden dar indicios acerca de la salud de un ambiente, así como la fragmentación y nivel de perturbación de un bosque, y permiten además inferir acerca de la presencia de mamíferos dentro del ecosistema como un indicador de su funcionalidad.



Figura 57. Individuo de la especie *Coprophanes telamon corythus* (Harold, 1863), indicadora de presencia de mamíferos dentro de los bosques muestreados.

Estos hallazgos están evidenciando que en el agro paisaje del sur del país todavía existe una diversidad biológica considerable, la cual puede conservarse y aumentar con el manejo adecuado de los cultivos y acciones para proteger los fragmentos de bosque que se encuentran en las fincas. Los socios cañeros y bananeros del ICC ya están tomando acciones en sus fincas y apoyando la conservación de la biodiversidad en zonas aledañas dentro de las cuencas en donde se ubican.

Los estudios del ICC sugieren que en el agro paisaje del sur del país todavía existe una diversidad biológica considerable. En fincas de producción agrícola se han encontrado 220 especies de árboles, 240 especies de aves (33% de todas las especies del país), 32 especies de anfibios y reptiles y 40 especies de escarabajos copronecrófagos.



Estudio Técnico del Área de Conservación Sipacate-Naranja

El área de conservación Sipacate-Naranja ubicada en el municipio de Sipacate, Escuintla, es un humedal de gran importancia por su cobertura de manglar y la diversidad biológica que alberga. Desde el 2011, a través de diferentes acciones el ICC ha apoyado la gestión del área en conjunto con INAB y CONAP, entre otras organizaciones.

En el 2016, con el financiamiento del proyecto “Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Áreas Protegidas Marino Costeras” implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD se inició el proceso de elaboración del Estudio Técnico de dicha área de conservación, como parte del proceso de declaratoria legal como área protegida.



Figura 58. Profesionales del ICC al inicio del proyecto “Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Áreas Protegidas Marino Costeras”.

Para desarrollar el trabajo se conformó un equipo multidisciplinario con consultores externos liderado por el ICC, se levantó información científica sobre la biodiversidad terrestre y marina, información socioeconómica, cultural y ambiental del área. El proceso se realizó de forma participativa con diversos actores tanto de la sociedad civil, autoridades municipales, instituciones de gobierno, sector privado y entidades no gubernamentales, todos interesados en la conservación del área y su diversidad biológica, así como los beneficios que esta provee a las poblaciones locales y al país.

Con la información recopilada y siempre de forma participativa se definieron los objetos de conservación, los lineamientos de manejo, la propuesta de zonificación y categoría de manejo del área. En

2017 el Estudio Técnico fue presentado a Ventanilla Única de CONAP para que siguiera los trámites legales establecidos por la Ley de Áreas Protegidas (Decreto 4-89). Los resultados más importantes obtenidos durante la elaboración del estudio se resaltan a continuación:

- 17 talleres/reuniones de consulta donde participaron instituciones de gobierno (CONAP, INAB, MARN, DIPESCA, MAGA, DIPRONA, Ministerio de la Defensa, entre otros), comunidades, asociaciones de pescadores, red de mujeres, representantes del sector turístico, así como de fincas privadas, camaronerías, ingenios azucareros, municipalidad de Sipacate y otros actores).
- Análisis de la cobertura forestal determinando 1,663.66 hectáreas con especies de mangle y otras asociadas.
- Se encontraron 104 especies de aves pertenecientes a 41 familias.
- Estudios sobre abundancia de peces en el humedal y en la zona marina del área, incluyendo plancton y zooplancton.
- Primer estudio de batimetría (mapa en 3D del fondo del canal en el humedal y del fondo marino para la zona marina definida para el área).
- Estudio sobre diversidad de especies de mamíferos, reptiles, anfibios e insectos.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) seleccionó al ICC para hacer el estudio técnico, propuesta de ley de área protegida y el Plan Maestro de los manglares de Sipacate-Naranja y su zona de playa y mar.



Figura 59. Taller dirigido a líderes comunitarios, asociaciones de pescadores y representantes del sector turístico.



Figura 60. En el estudio sobresalió la diversidad de murciélagos (quirópteros) encontrada, los cuales son bioindicadores del buen estado de conservación del hábitat.

Manejo Integral del Agua

Aportes en gobernanza del agua a través del apoyo a las mesas técnicas y comités de ríos

El ICC ha jugado un papel importante en estas organizaciones de actores legítimos de diferentes cuencas y ríos conformadas para la vertiente del Pacífico de Guatemala. Desde 2011 se dio apoyo a la Asociación de Amigos del río Ixtacapa, una subcuenca del río Nahualate, en donde ya había acciones conjuntas de actores de la parte alta, media y baja. A partir de 2016, el ICC participó activa-

mente en numerosas mesas y comités brindando apoyo técnico con capacitaciones, coordinando o apoyando reuniones y, sobre todo, generando información de caudales en distintos puntos de los ríos. Esta información es vital para la coordinación entre usuarios del agua y para verificar el cumplimiento de acuerdos y lograr que se mantengan los caudales hasta la desembocadura de cada río. Se abarcó desde la cuenca del río Naranjo, cerca de la frontera con México, hasta la cuenca del río Paz, frontera con El Salvador.



Figura 61. Reunión de la mesa técnica del río Madre Vieja.



Fortalecimiento de capacidades en manejo de agua subterránea

El agua subterránea es un recurso estratégico para el desarrollo de la región y su uso incrementa anualmente, principalmente para riego de cultivos, así como suministro domiciliario de la población en algunos municipios o población rural que obtienen agua a través de sus pozos particulares. Los estudios efectuados por el ICC muestran que aproximadamente un 25% del agua de lluvia se infiltra en el suelo en algunas zonas de la costa sur. El riesgo de sobreutilizar este recurso subterrá-

neo es alto e invisible, que puede conducir a su deterioro a mediano y largo plazo. Por ese motivo no es fácil observar si la cantidad de agua subterránea existente incrementa o disminuye, si se está contaminando de alguna manera, o cuál es el origen del agua subterránea. Desde sus inicios, el ICC ha apostado por la capacitación de sus miembros y actores de la región, para promover un buen manejo y conocimiento de las aguas subterráneas. Se han realizado seis eventos de capacitación a miembros del ICC y numerosas charlas de divulgación con decenas de asistentes en esta materia, aportando la experiencia de expertos internacionales de Colombia, España, Francia y México.



Figura 62. Imágenes del taller “Gestión del riesgo hídrico subterráneo” con la participación del Dr. Albert Folch (Universidad Politécnica de Catalunya) celebrado en el 2015 en las instalaciones del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña (CENGICAÑA), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.



Apoyo a municipalidades en gestión del agua

Aunque no fue una de las líneas de trabajo principales, el ICC llevó a cabo una serie de actividades en apoyo a las municipalidades alrededor de la gestión del agua. A continuación se enumeran las principales.

1. Talleres y diplomados sobre la gestión integral del agua (en 2019 y 2020)
2. Levantamiento de información y mapeo del sistema municipal de agua de Santa Lucía Cotzumalguapa (2012), con apoyo de un practicante de la Universidad Rafael Landívar.

3. Investigación, capacitaciones y proyectos demostrativos de cosecha de agua de niebla en Acatenango y San Andrés Itzapa (2015 a 2019).
4. Diagnóstico de la provisión de agua en 12 comunidades de Santa Lucía Cotzumalguapa y capacitaciones sobre cosecha de agua de lluvia a líderes comunitarios (2015). Se hizo en alianza del ICC con el equipo Enactus de la Universidad del Valle Campus Sur y la municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa, con financiamiento de la SENACYT.
5. Taller sobre el uso de humedales artificiales para el tratamiento de aguas servidas (2018) con apoyo del PhD John Jacob de la Universidad de Texas A&M.
6. Rehabilitación del sistema de agua de Siquinalá que fue destruido luego de la erupción del volcán de Fuego por los lahares (2019 y 2020), con fondos de Visión Mundial.



Figura 63. Taller dirigido a líderes comunitarios como parte del proyecto de rehabilitación del sistema de agua de Siquinalá, Escuintla, con fondos de Visión Mundial.



Prácticas de Adaptación



Cultivo de tilapia en estanques de traspatio

El proyecto de piscicultura de traspatio nace como una propuesta del ICC con los objetivos siguientes.

1. Contribuir a la adaptación comunitaria al cambio climático
2. Diversificación de medios de vida
3. Reducir la presión a fauna y flora de los ecosistemas, especialmente manglares
4. El aseguramiento alimentario de los beneficiados con proteínas de alta calidad

5. Enseñarles un nuevo oficio a los beneficiados
6. Obtención de ingresos con la venta de pescado

En el 2015, se desarrolló el proyecto de tilapicultura en las aldeas del Paredón Buena Vista y El Naranjo, ambas en Sipacate, Escuintla, como parte del proyecto REGATTA con financiamiento de ONU Ambiente. Bajo esta iniciativa se construyeron tres piscinas de 60 metros cuadrados cada una y se sembraron 600 peces a una densidad de siembra de 10 individuos por metro cuadrado. Este proyecto permitió adquirir experiencia en el tema, tanto en lo relativo a temas técnicos como también a aspectos socioeconómicos.



Figura 64. Proceso de la construcción de estanques.

Posteriormente, en 2016 en conjunto con la Fundación Madre Tierra, ASO-BORDAS (Asociación para la Protección de las Bordas de los Ríos Coyolate y Madre Vieja) y otros actores se replicaron ocho estanques de traspatio con diferentes especificaciones técnicas en la Aldea Canoguitas, Nueva Concepción, Escuintla.



Figura 65. Estanque de traspatio en Aldea Canoguitas, Nueva Concepción, Escuintla.

En 2017 el ICC y APIB implementan un estanque en Aldea Huitzitzil, Tiquisate, Escuintla. En 2018 el ICC construye uno en la Aldea Montecarlo, Mazatenango, Suchitepéquez. En 2019 el ICC e Ingenio Magdalena implementaron 14 en 9 aldeas de

Champerico, Retalhuleu, y en 2020 se construyeron cuatro estanques en Taxisco, Chiquimulilla, Santa Rosa, y otro en la Nueva Concepción en conjunto con la municipalidad.

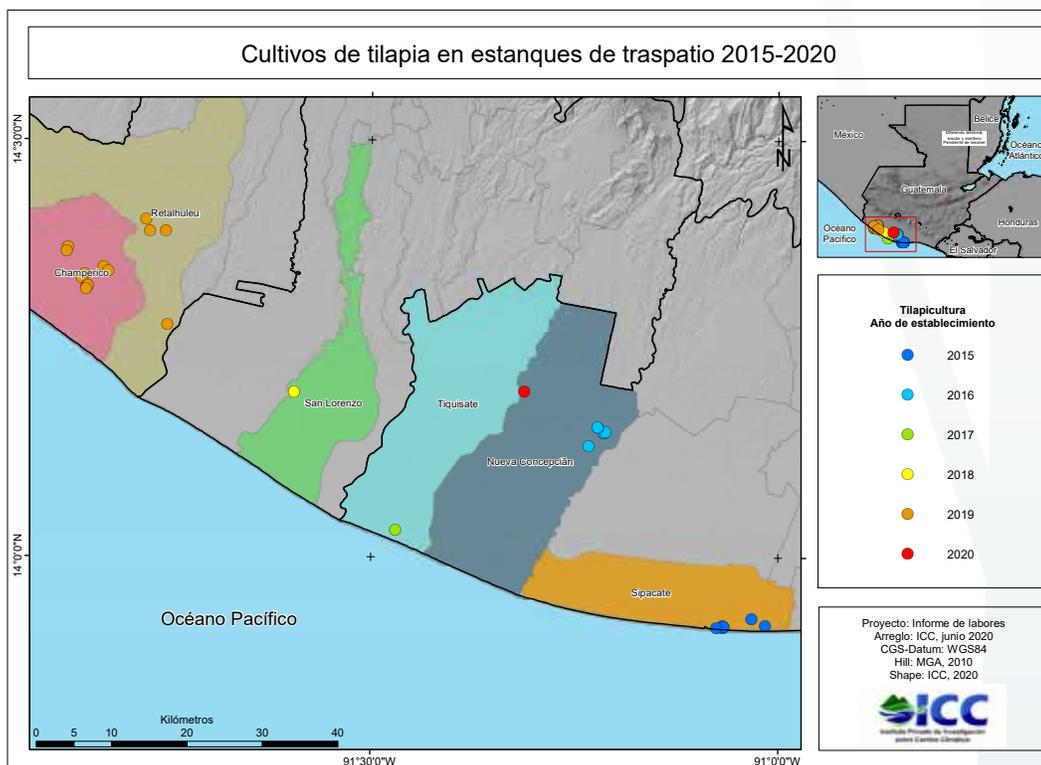


Figura 66. Ubicación de los proyectos, identificando las entidades que colaboraron con su implementación.

Todos los proyectos de cultivo de tilapia en estanques de traspatio han beneficiado al menos a 100 familias de comunidades. La mayoría de ellos ha logrado ser sostenible y continúa brindando beneficios a las familias participantes.

En el 2016 con apoyo de Fundación Madre Tierra, IICA y ASOBORDAS se implementó una mejora para reducir los costos en la alimentación de los peces, específicamente lo concerniente a concentrados, ya que estos representan hasta el 70% de la inversión de un proyecto de engorde de tilapia. Para ello se introdujeron pequeños estanques con una planta acuática llamada *Lemna minor*, que constituye un alimento de bajo costo y nutritivo para los peces. Esta planta se alimenta de materia orgánica como la gallinaza, material disponible localmente, y gracias a su alta tasa de reproducción hay disponibilidad de cosechar alimento todos los días. Para la producción de dicha planta se construyen estanques de 9 metros cuadrados de superficie y de 35 centímetros de profundidad. Esta innovación, según testimonio de los beneficiarios, ha mejorado el sabor del producto y ha facilitado su aceptación en el mercado local.



Figura 67. Estanque con planta acuática *Lemna minor*, la cual es alimento nutritivo para los peces, y de bajo costo.



Reproducción de peces nativos

Como parte de la adaptación al cambio climático y con el objetivo de propiciar la conservación y restauración de la diversidad biológica en los ríos de la región, el Ingenio Pantaleón a partir del año 2005 en conjunto con ASAZGUA implementaron la iniciativa de reproducción de tres especies nativas de peces y una de caracol, todas ellas de agua dulce. Para ello construyeron un conjunto de seis estanques y tres piletas. Desde ese año, este esfuerzo logró la liberación de alevines (peces de hasta un mes de nacido) en el río Acomé y otros cercanos.



Figura 68. Estudiantes del ciclo básico del Centro Educativo Pantaleón, liberando más de mil quinientos (1,500) alevines de mojarras nativas (tusa, balcera y prieta) en el río Acomé, Siquinalá, Escuintla.

La producción de tilapias en parcelas comunitarias es una práctica de adaptación impulsada por el ICC. Se basa en materiales locales de bajo costo para construir los estanques y utiliza un alga nativa como alimento para reducir costos de concentrado. Aumenta el consumo de proteínas y ayuda a generar ingresos adicionales para las familias.

En el 2014 el ICC se encarga de esta iniciativa y se extendió a otros ríos como Coyolate, Cristóbal, Madre Vieja y Popohuá. Con ello se ha logrado involucrar a diferentes actores como estudiantes de escuelas, Cocodes, municipalidades, empresas privadas, entre otros. También se ha expandido el proyecto agrandando y construyendo nuevos estanques para el cultivo.



Figura 69. Liberación de mil setecientos (1,700) peces nativos y cuatrocientos (400) caracoles de agua dulce en río Coyolate, en la actividad participación de estudiantes de nivel primario de las Escuelas Públicas Cantón B, El Amatillo y El Jabalí, las cuales pertenecen al Parcelamiento El Jabalí, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Las especies de peces y caracol son las siguientes:

1. Mojarra Balcera *Herichthys trimaculatus*
2. Mojarra Tusa *Herichthys guttulatus*
3. Mojarra Prieta *Amphilo macracanthus*
4. Caracol *Pomacea sp.*



Figura 70. A: Mojarra Prieta (*Amphilo macracanthus*). B: Caracol de agua dulce (*Pomacea sp.*).

Desde el 2014 se han liberado aproximadamente 215,000 alevines y 36,000 caracoles.

Cada año se hace un monitoreo en los ríos mencionados, para determinar el efecto de las liberaciones y así evaluar el impacto del proyecto en la recuperación de la diversidad biológica en estos ecosistemas.

Adaptación comunitaria al cambio climático

La adaptación es conceptualizada como el proceso de ajustes a los sistemas productivos para evitar o moderar los impactos del cambio climático, aunque también incluye aprovechar las oportunidades, si las hubiera. La adaptación es uno de los objetivos del Acuerdo de París (Artículo 7), en donde se enfatiza la necesidad del aumento de la capacidad de

adaptación, el fortalecimiento de la resiliencia y la reducción de la vulnerabilidad al cambio.

Mecanismo de transferencia de tecnología para productores de maíz y frijol en la vertiente del Pacífico guatemalteco

En este sentido, en sintonía con estos acuerdos internacionales y sus propios objetivos, el ICC ha desarrollado acciones de adaptación apoyando a agricultores de maíz y frijol. En los años 2012-2013, en el marco del programa Desarrollo Resiliente al Cambio Climático (CCRD, por sus siglas en inglés) de la Agencia de Cooperación Internacional de los Estados Unidos de América (USAID, por sus siglas en inglés), se apoyaron a agricultores de la parte alta de las cuencas y de la parte baja (ver la siguiente figura).

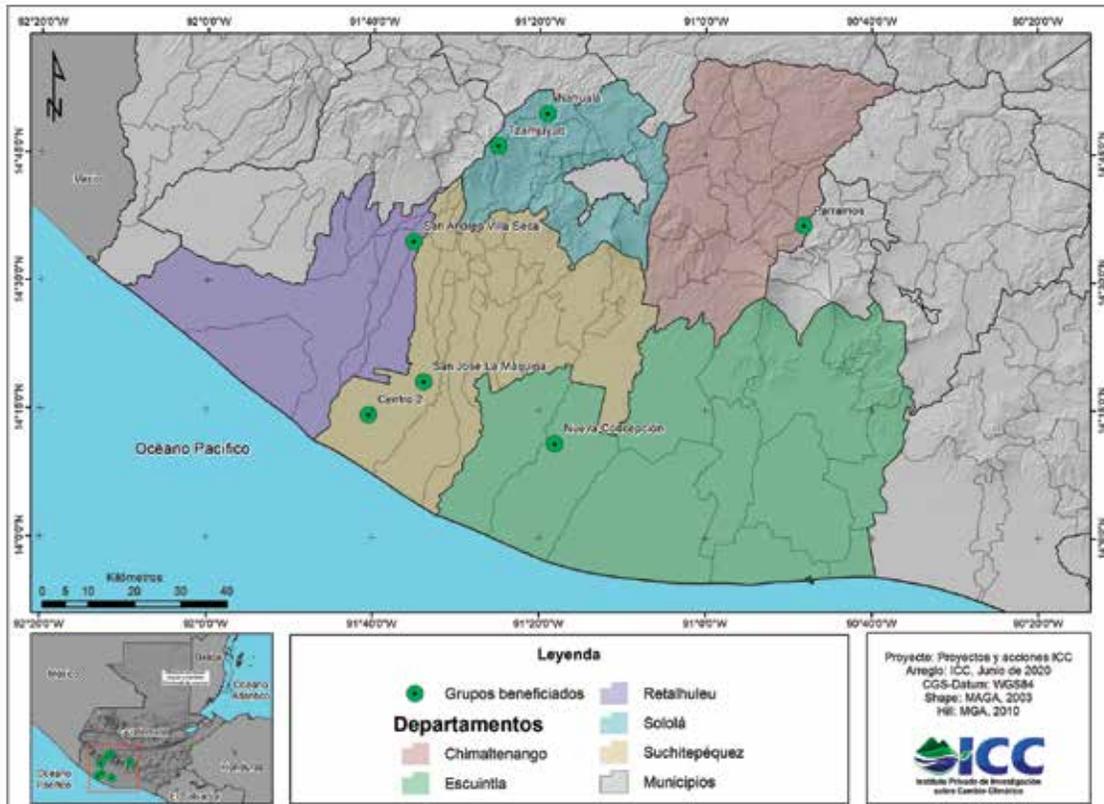


Figura 71. Ubicación de grupos beneficiados (aldea Tz'amjujup, Nahualá, Sololá; Parramos, Chimaltenango; Nueva Concepción, Escuintla, Parcelamiento Centro 1, San José La Máquina y Parcelamiento Centro 2, San Andrés Villaseca, Retalhuleu).

Acciones llevadas a cabo:

1. Análisis de las cuatro localidades basado en literatura científica, informes institucionales y consultas directas a centros en investigación de cultivos de frijol y maíz de Guatemala, así como a los comunitarios, incluyendo mujeres, hombres y ancianos.
2. Implementación de diplomados de adaptación al cambio climático dirigido a agricultores de las cuatro localidades. En el caso de Tzamal, se efectuó con pertinencia cultural al efectuarlo en el idioma Maya K'iche'.
3. Se presentaron alternativas específicas de adaptación a los cultivos de maíz y frijol, que se complementaron con giras de intercambio de experiencias en otras localidades donde ya se habían establecido estas medidas y estaban en funcionamiento.
4. Se establecieron parcelas demostrativas de adaptación en cada una de las localidades de intervención como mecanismo local para la transferencia de la tecnología, buscando con ello motivar a los agricultores de comunidades o localidades a la periferia a adoptar las tecnologías propuestas.
5. Se desarrollaron dos investigaciones con estudiantes de la Universidad de San Carlos del Centro Universitario de Surorccidente (CUN-SUROC). En ambos casos, se evaluó al poliacrilato de potasio como elemento que aumenta la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. En uno de los casos se evaluó para el cultivo de frijol (en Parramos) y en otro, en el cultivo de maíz (en San José La Máquina).

Entre las medidas establecidas pueden mencionarse: uso de variedades con características de tolerancia a escasez de agua, variedades nativas resistentes, prácticas de conservación de suelos y

agua, cero labranza, cero quemas, uso e incorporación de materia orgánica, cambio de fechas de siembra, almacenamiento y manejo pos-cosecha de los granos de maíz y frijol.



Figura 72. a) Estructura de conservación de suelos con el uso de banca inclinada, y b) Monitoreo de campo con beneficiario de la iniciativa.

El ICC ha estudiado, documentado y promovido prácticas de adaptación para los cultivos de maíz y frijol en el altiplano y costa sur de Guatemala.

Caso de éxito en aldea Tzamjuyup, Nahualá, Sololá

A partir del diplomado ejecutado en Tzamjuyup en alianza con Asociación Amigos del Río Ixtacapa y la Asociación Vivamos Mejor, y del impacto generado de la gira de intercambio de experiencias efectuado en San Marcos con el Proyecto Conjunto de FAO, los agricultores participantes de manera voluntaria implementaron prácticas de conservación de suelos para reducir los impactos de las lluvias fuertes (amenaza climática). Entre las estructuras implementadas están: estructuras de banca inclinada, uso de barreras vivas y barreras muertas en un total de 0.94 hectáreas (año 2013). En el año 2017 como seguimiento pos - proyecto se identificaron dos hallazgos im-

portantes: 1) Se contabilizaron 4.57 has bajo dichas prácticas que indica un aumento en el área de conservación de suelos después de cuatro años de finalizado el proyecto. Esto significa un empoderamiento por parte de los agricultores, al continuar implementando dichas prácticas y valorar la función de los suelos en la producción agrícola; 2) De acuerdo con la percepción de los agricultores, estas prácticas han generado un incremento del 30% en el rendimiento del cultivo de maíz (beneficios de las acciones de conservación de suelos). A través de mediciones en campo se confirmó este aumento, estimado en 802 kg/ha.

Estudio exploratorio sobre la tolerancia de cuatro cultivos a las inundaciones

Las pérdidas económicas en la agricultura generada por las inundaciones detonadas por el huracán Mitch en 1998, las tormentas tropicales Stan (2005) y Agatha (2010) en el territorio guatemalteco fueron estimadas 98 mil, 61 mil y 42 mil hectáreas, respectivamente (CEPAL, 1999; CEPAL 2005; CEPAL y Gobierno de Guatemala, 2010), cuyos eventos evidenciaron el grado de vulnerabilidad de nuestros sistemas productivos agrícolas ante este tipo de amenazas.

Cumpliendo uno de los objetivos del ICC se desarrolló un estudio exploratorio de potenciales medidas de adaptación para las zonas agrícolas expuestas a eventos de inundación en las partes bajas de las cuencas hidrográficas Sis-Icán y Nahualate.

Este estudio fue desarrollado en el 2018 y se evaluó el potencial de tolerancia a inundaciones de

cuatro cultivos: maíz - *Zea mays* (L.) (Testigo), arroz - *Oryza sativa* (L.), chufle - *Calathea allouia* Aubl., y la malanga - *Colocasia esculenta* (L.), con el objetivo de generar una alternativa de adaptación ante la amenaza de inundaciones.

Resultados: el arroz y la malanga son los cultivos que mejor soportan las inundaciones

En las dos zonas de estudio se identificaron dos tipos de eventos de inundaciones: la progresiva y la súbita. El primero resulta de la acumulación de agua por lluvias locales, deficiencia en el drenaje del suelo y superficie cóncava, con profundidades de 20 a 60 centímetros y duración de 5.5 a 27 días por evento (Figura 73). El segundo tipo de inundación ocurre por desbordamiento de un río cercano, con una corriente (de agua y sedimentos) que daña mecánicamente a los cultivos. La duración del evento fue corta (5 a 48 horas por evento) y profundidad del agua de 14 centímetros a 1.50 metros.

En el caso de las inundaciones progresivas, el cultivo de arroz presentó menores pérdidas, las cuales oscilaron entre 8.72 a 67.09% con un monto estimado de Q.13,826.40 por hectárea. El cultivo de maíz que fue testigo para este estudio, fue afectado totalmente, con una pérdida de plantas del 100%. Para las inundaciones súbitas el cultivo de malanga presentó menores pérdidas económicas, las cuales se estiman entre 4.66 a 69.69% de un monto estimado de Q. 23,985.00.

Basado en los hallazgos del estudio, se puede afirmar que bajo las condiciones de estos sitios, el régimen de lluvia y la dinámica hidrológica, los cultivos de arroz y malanga presentaron características que podrían ayudar a reducir el impacto de las inundaciones, convirtiéndose en una posible alternativa económica y de apoyo para la seguridad alimentaria de agricultores en la zona.



Figura 73. Cultivos cubiertos bajo una lámina de agua provocada por una inundación progresiva, a) maíz, b) malanga.

Resiliencia socio-ecológica en la vertiente del Pacífico de Guatemala

En la última década el concepto de resiliencia ha tomado relevancia a nivel mundial en distintas disciplinas y ciencias, incluyendo las relacionadas al cambio climático y la gestión de riesgo de desastres. Sin embargo, existen pocos estudios a nivel mundial y Latinoamérica que se centren en aplicarlo en la práctica.

En el 2015 inicia uno de los estudios pioneros en el campo de la resiliencia a nivel de Guatemala, analizando el efecto de las inundaciones en comunidades de la parte baja de la cuenca hidrográfica del río Coyolate. Dicho proyecto fue ejecutado en el marco de los fondos del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI, por sus siglas en inglés). Este trabajo fue desarrollado por un equipo interdisciplinario de científicos de cuatro países de Latinoamérica, con un investigador del ICC como líder.

Entre los principales resultados o productos del estudio están:

- Estudio: Evaluación de la resiliencia comunitaria ante eventos de inundación y sequía en la cuenca (parte baja) del río Coyolate (Guatemala).
- Encuesta y base de datos sobre medios de vida aplicada a las comunidades seleccionadas de Nueva Concepción, Escuintla.
- Matriz de resultados de la encuesta por capitales que componen los medios de vida de los hogares en las comunidades seleccionadas.
- Información cartográfica y de imágenes de la zona de estudio.
- Análisis y caracterización de eventos de inundación (1949, 1998 y 2005) y el cauce del río Coyolate.
- Línea de tiempo del sistema socioecológico de la cuenca baja del río Coyolate.

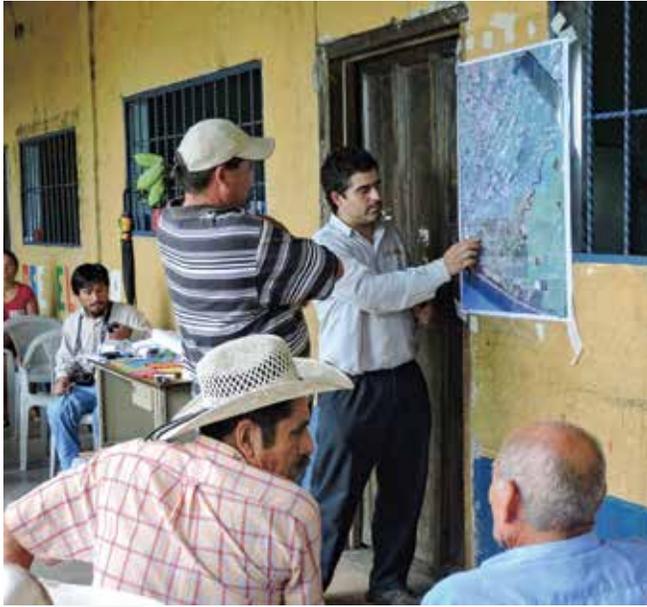


Figura 74. Taller comunitario para el análisis de resiliencia en comunidad San José El Flor, Nueva Concepción, Escuintla.

A partir del 2016, inicia otro proyecto centrado en analizar la resiliencia a nivel comunitario ante las inundaciones en las partes bajas de las cuencas hidrográficas del Achiguate y Sis-Icán.

El objetivo del estudio es evaluar la resiliencia de los sistemas socioecológicos ante eventos de inundación en las partes bajas de las cuencas de los ríos Achiguate y Sis-Icán, ubicadas en la vertiente del Pacífico de Guatemala.

Los principales productos del estudio son:

- Análisis y caracterización de los eventos de inundación detonadas por eventos hidrometeorológicos extremos en el periodo de 1988-2018, para ambas zonas de estudio.
- Un capítulo sobre el análisis y exposición a inundaciones de asentamientos humanos y zonas agrícolas en ambas cuencas.

- Propuesta de modelo conceptual de la resiliencia socio-ecológica para las partes bajas de las cuencas Sis-Icán y Achiguate.
- Base de datos sobre medios de vida e impactos de las inundaciones en ambas zonas de estudio.
- Avances en el análisis de medios de vida y resiliencia ante eventos de inundación.

La tesis doctoral parte de un programa de la Universidad de Santiago de Compostela, España, que contiene estos componentes finalizó en 2020.



Figura 75. Zonas de riesgo a inundación en la parte baja de la cuenca del río Achiguate.

Cosecha del agua de lluvia y niebla



Figura 76. Como una medida de adaptación al cambio climático, el ICC desde el 2012 ha desarrollado capacitaciones e instalado sistemas demostrativos de cosecha de agua de lluvia y de niebla. Esta iniciativa busca asegurar la disponibilidad de agua para el consumo humano a nivel domiciliar.

1

Documento sobre recopilación bibliográfica de métodos de almacenamiento de agua (año 2012)

3



Proyectos para el desarrollo de capacidades, dirigido a líderes comunitarios, municipales y maestros.

1



Sistema demostrativo de cosecha de agua de atrapa-niebla en Acatenango.

1

Sistema demostrativo de Cosecha de Agua de Lluvia en Santa Lucía Cotzumalguapa.

3

Sistemas combinados de Cosecha de Agua de Lluvia y Atrapa-niebla en el complejo volcán de Acatenango.

3



Talleres (1 nacional, 1 departamental y 1 simposio) sobre experiencias de almacenamiento de agua de lluvia como medida de adaptación al cambio climático.

+de
600



Personas capacitadas en los departamentos de Santa Rosa, Chimalteango, Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y San Marcos.

- ✓ Presentación de resultados en el 2do. Congreso de Cambio Climático en Quetzaltenango.
- ✓ Participación en el XX diplomado de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en México.



Figura 77. Ejemplo ilustrativo de la adecuación de elementos constructivos de una vivienda (techo canal), que aprovecha la alta precipitación pluvial para el posterior almacenamiento del agua de lluvia.



Figura 78. En la cosecha de agua también se utiliza atrapa niebla, una estructura compuesta por malla, la cual tiene la capacidad de capturar y condensar la humedad de la niebla y transformarla en gotas.

Gestión de Riesgo

Organización comunitaria, municipal y departamental en gestión de riesgo de desastres

El ICC en el 2016 participó en el taller de CONRED denominado Capacitación a Capacitadores “CPC” el cual permite realizar el proceso de acreditación a coordinadoras departamentales, municipales y locales para la reducción de riesgo de desastres.

Proceso para la acreditación

- ✓ Diagnóstico comunitario
- ✓ Talleres (Manual para organización de coordinadoras)
- ✓ Elaboración del Plan Local
- ✓ Acreditación



Figura 79. Imágenes del “Taller Capacitación a Capacitadores” organizado por CONRED.

Desde el 2016, los principales logros en gestión de riesgo de desastres son los siguientes:

- 1 Coordinadora Departamental para la Reducción de Riesgos -CODRED-acreditada
- 15 Coordinadoras Locales para la Reducción de Riesgos -COLRED-acreditadas
- 16 Planes de respuesta de emergencias.
- 2 Informes de análisis de riesgo a nivel municipal en apoyo a la Mancomunidad Sureña.
- 2 Análisis de percepción de riesgo de desastres en: Comunidad Las Palmas y municipio de Sipacate.

+de
250



Personas acreditadas y capacitadas en temas de gestión de riesgo de desastres de las coordinadoras.

5

Instituciones del sector privado y universidades en alianza para el desarrollo de trabajo comunitario

3



ONGs internacionales apoyadas para la digitalización de mapas comunitarios en temas de riesgo.

15



Evaluaciones de habitabilidad de albergues oficiales del departamento de Escuintla.



Análisis de obras para gestión de riesgo

Con el propósito de mitigar el impacto de las inundaciones en la costa sur, específicamente, en comunidades, sistemas productivos e infraestructura, se implementan diques longitudinales (bordas) en puntos vulnerables en los cauces de los ríos Coyolate y Achiguate. Desde el 2012, el ICC

ha contribuido en la ejecución de proyectos del sector privado, público y organizaciones no gubernamentales, con el propósito de contribuir a la disminución de la vulnerabilidad a inundaciones, y consecuentemente con beneficios a mediano plazo en el desarrollo de las comunidades.



Figura 80. Diques longitudinales (bordas) con técnicas de bioingeniería. Imagen inferior derecha, daño en borda sin mantenimiento.

1 Documento con recomendaciones básicas para implementación de técnicas de bioingeniería en diques longitudinales.

1 Estudio costo-beneficio de obras de mitigación en Nueva Concepción, Escuintla.

✓ Apoyo y asesoría en la conformación de la mesa técnica de Gestión de Riesgo (Alianza Público-Privada) para la ejecución de diques longitudinales en las cuencas del río Coyolate y Achiguate

**+de
3
km**

De diques longitudinales aplicando técnicas de bioingeniería en alianzas con el sector privado, ONG y comunidades.

Desarrollo de giras promocionales para la implementación de técnicas de bioingeniería en obras de mitigación, dirigida a socios, comunidades y estudiantes universitarios.

✓ Elaboración de propuestas de diseño e implementación de obras de protección ante inundaciones a distintos socios del ICC.



Alianzas público-privadas para la gestión de riesgo

Dentro los compromisos del Marco de Sendai para la Reducción de Riesgo de Desastres 2015-2030, se establece que el sector privado se involucre y adopte acciones concretas de gestión para la re-

ducción del riesgo, generando capacidades de respuesta en situaciones de emergencia dentro de las empresas como en el ámbito exterior. El ICC ha promovido gestiones entre privado y sectores público, creando coordinación y sinergia entre ambos en relación a esta temática.



Figura 81. Actividades de gestiones entre los sectores privado y público.

3 Proyectos de Alianzas Público-Privadas con financiamiento de la Unión Europea.

2 Intercambios de experiencias a nivel regional (empresas de Honduras y Guatemala).

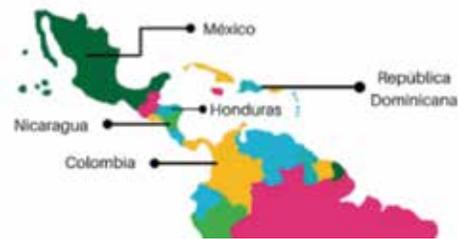
✓ Convenio entre ICC e Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH).

✓ Q2,092,000.00 de financiamiento en proyectos de Alianza Público-Privado en gestión de riesgo de desastres obtenidos por la cooperación internacional.

1 Documento de Experiencias Alianzas Público-Privado en Centroamérica.



✓ Socialización en eventos internacionales de casos de éxito en Guatemala.



Alerta, monitoreo y coordinación en emergencias

Debido a la vulnerabilidad del territorio guatemalteco ante los fenómenos hidrometeorológicos, desde el 2011 el ICC ha monitoreado y alertado a socios para la toma de decisiones en situaciones de emergencia. Se ha contribuido al desarrollo de proyectos para el monitoreo, evaluación y atención, logrando obtener financiamiento de la cooperación internacional y sector privado. Acciones que han contribuido a la organización del Centro Empresarial de Respuesta, donde el ICC es enlace entre el sector público y privado para la atención de emergencias.



Figura 82. Reuniones de coordinación, monitoreo y apoyo durante emergencias.

ICC apoyó en provisión de agua para el Hospital Temporal del Sur COVID-19, en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Los estudios recientes de agua subterránea hechos por el ICC sirvieron de base para la planificación de la perforación del pozo que abastece de agua al hospital. El ICC sugirió la incorporación de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia y, luego de la anuencia de las autoridades, se aportó el diseño y los cálculos para el sistema.



Atención de emergencias

2011-2019



1 Comité Empresarial de Respuesta con socios de la costa sur.

4

Simulacros en Escuintla (1 empresarial, 1 departamental y 2 comunitarios).

15

Puntos de monitoreo en crecidas de ríos de la costa sur.

Q278,000

Inversión en equipo técnico para monitoreo (radios, estaciones hidrométricas).

Comunidades evaluadas en cuencas del departamento de Escuintla

16

- ✓ Conocimiento del riesgo
- ✓ Difusión y comunicación
- ✓ Seguimiento y alerta
- ✓ Capacidad de respuesta



Desarrollo de Capacidades

El desarrollo de capacidades es un elemento básico y un eje transversal en los diferentes programas y acciones del ICC en el territorio de intervención. Desde sus inicios, el ICC implementó el programa Desarrollo de Capacidades y Divulgación desde donde se coordina la mayoría de actividades, aunque todo el personal del ICC contribuye. Con esto, el ICC aporta al cumplimiento de la Ley de Cambio Climático de Guatemala, al Acuerdo de París y a varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (4, 12 y 13).

Las acciones de ICC en materia de desarrollo de capacidades consisten en la implementación de procesos sistemáticos y estructurados con estrategias didácticas para un mayor impacto, llamados diplomados. Además, se efectúan otros tipos de eventos de fortalecimiento de capacidades como: charlas, talleres, foros, simposios y congresos (ver resultados en la páginas siguientes).



Acciones en desarrollo de capacidades

Diplomado en Adaptación Comunitaria al cambio climático



5,675 personas capacitadas
45 diplomados

- Líderes y lideresas comunitarias
- Miembros de COCODE's
- Agricultores de subsistencia
- Jóvenes
- Técnicos de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales

Diplomado en cambio climático



1,078 personas capacitadas
31 diplomados

- Docentes del sistema nacional de educación ciclo básico
- Docentes del sector privado
- Técnicos y profesionales de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales
- Estudiantes ciclo diversificado

Los diferentes procesos de desarrollo de capacidades se han implementado en coordinación con diversos socios y atendiendo las necesidades de la población en la temática de adaptación al cambio climático y otros temas vinculados. Con ello se ha impactado positivamente en grupos clave y vulnerables (mujeres y hombres) en la sociedad guatemalteca como: docentes, grupos de mujeres, líderes comunitarios, agricultores, jóvenes, técnicos de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, entre otros.

Los diplomados son procesos sistemáticos con una duración de 40 a 52 horas, donde se combinan sesiones teóricas con giras de campo o de intercambio de experiencias. Uno de los compromisos de ICC es brindar un seguimiento permanente a los participantes, quienes también tienen la responsabilidad de compartir y multiplicar los conocimientos en sus comunidades. Los diplomados no tienen costo para los participantes pero sí se exige asistir, hacer tareas y tomar exámenes.

Como parte de los procesos no sistemáticos se han ejecutado 11 simposios en diferentes temáticas, que han impactado positivamente en 724 personas. A través de otros eventos como charlas y talleres se han impactado en 38,862 personas.

Gracias a los esfuerzos de ICC en conjunto con diversos aliados en el periodo 2011-2019, se ha impactado a **48,837** personas a través de 891 eventos.



583 personas capacitadas

16 Cursos en cambio climático

- Estudiantes ciclo básico y diversificado
- Líderes juveniles
- Docentes del sistema nacional nivel primario

1,955 asistentes

8 Congresos en cambio climático, forestales y gestión integral de riesgo de desastres co-organizados por el ICC



38,862 capacitados

780 eventos entre charlas, talleres y eventos cortos

- Cambio climático y temas relacionados



ICC en El Salvador

El ICC inició operaciones en El Salvador en 2019

Se despegó con varias actividades relacionadas con la generación y divulgación de información científica, adaptación y mitigación al cambio climático, gestión ambiental, y fortalecimiento de capacidades. Lo anterior, con el impulso y apoyo de la Compañía Azucarera Salvadoreña S.A. de C.V. (Grupo CASSA) como miembro del ICC en El Salvador, y además en consideración de un trabajo cooperativo y estratégico con diversos actores sociales del sector académico y científico, comunitario, privado, gubernamental y no gubernamental.

El trabajo inicial se enfocó en una mejor gestión del suelo, el agua, el aire y la biodiversidad. Para El Salvador son acciones muy importantes e impostergables pues en las condiciones actuales de vulnerabilidad y de aceleración de la magnitud y ritmo en la que el cambio climático se manifiesta, una mejor gestión de estos recursos y elementos naturales implica facilitar procesos de adaptación al cambio climático a nivel de paisajes. Ellas también contribuyen a la mitigación de las causas del cambio climático desde los diferentes sectores de la economía salvadoreña. Todo ello trae beneficios socio-económicos y ambientales, de manera directa o colateral, para los ecosistemas, sistemas agropecuarios, asentamientos humanos, poblaciones y comunidades, muchas veces, vulnerables ante este fenómeno.

A 2020 se instalaron seis nuevas estaciones meteorológicas automáticas y se realizaron los ensayos para el monitoreo del caudal de ríos y la conservación de suelos y manejo eficiente del agua en cultivo de caña de azúcar en la Cuenca Cara Sucia. También se empezaron a estudiar estrategias para la adaptación al cambio climático en el cultivo de la caña de azúcar y las comunidades y medios de vida aledaños a este cultivo, con un enfoque de conservación de biodiversidad y manejo de cuencas hidrográficas. Se estimaron los primeros valores de Huella de Carbono y Huella Hídrica para la producción de azúcar del Grupo CASSA y se iniciaron a desarrollar fuertes vínculos con actores del sector académico, empresarial y municipal para seguir fortaleciendo una acción climática conjunta y participativa.

El Salvador fue el primer país fuera de Guatemala en donde se encontraron socios visionarios y se espera continuar sumando empresas en él y en otros países mesoamericanos. De esa manera, se busca lograr el objetivo primordial de facilitar procesos y estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático sobre la base de colocar la ciencia en acción y tender lazos cooperativos para integrar los diferentes actores sociales que deben estar involucrados en una acción climática efectiva en el corto, mediano y largo plazo.



Estudios e investigaciones efectuadas

El ICC ha desarrollado 144 estudios e investigaciones entre 2011 y 2020

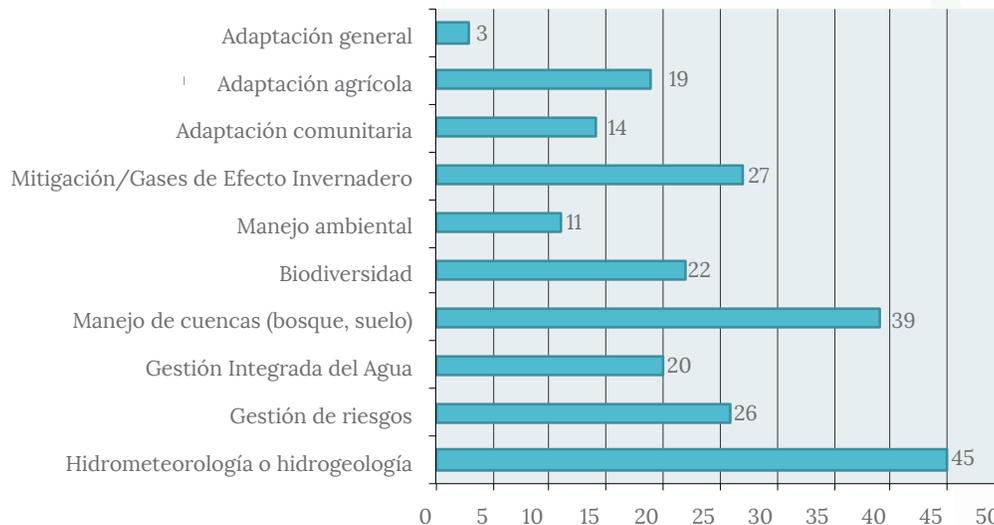


Figura 82. Temática con la que se relacionan los estudios e investigaciones del ICC.

El ICC es co-fundador de la Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático

En el mundo científico se tiene voz a través de las publicaciones. La región mesoamericana publica muy pocos libros y artículos en revistas indexadas. Como consecuencia, cuando se elaboran informes mundiales en materia de cambio climático, la información sobre la región es casi inexistente a pesar de ser una de las regiones con mayores riesgos e impactos. Conscientes de eso, el ICC y otras instituciones (Universidad del Valle de Guatemala, Rainforest Alliance y Defensores de la Naturaleza) decidieron fundar una revista científica. Se publican dos ediciones al año que incluyen artículos científicos, notas técnicas y también reportajes; de esa manera se busca alcanzar una audiencia mayor y no solo una académi-

ca. Se cuenta con un comité editorial internacional que revisa cada artículo, que es lo que distingue a las revistas científicas. Es una revista digital de acceso libre que se puede encontrar en el siguiente enlace.

<https://www.revistayuam.com/>





Financiamiento

Lo que hace único al ICC es contar con un financiamiento base y por tiempo indefinido del sector privado (guatemalteco y salvadoreño). Este hace posible llevar a cabo las investigaciones y acciones en campo con las mismas empresas y con otros actores como los gobiernos locales y comunidades

sin cobrar. El presupuesto base se complementa con fondos para proyectos específicos provenientes de diversas fuentes como empresas, cooperación internacional, organizaciones no gubernamentales y fundaciones (ver cuadro de proyectos).

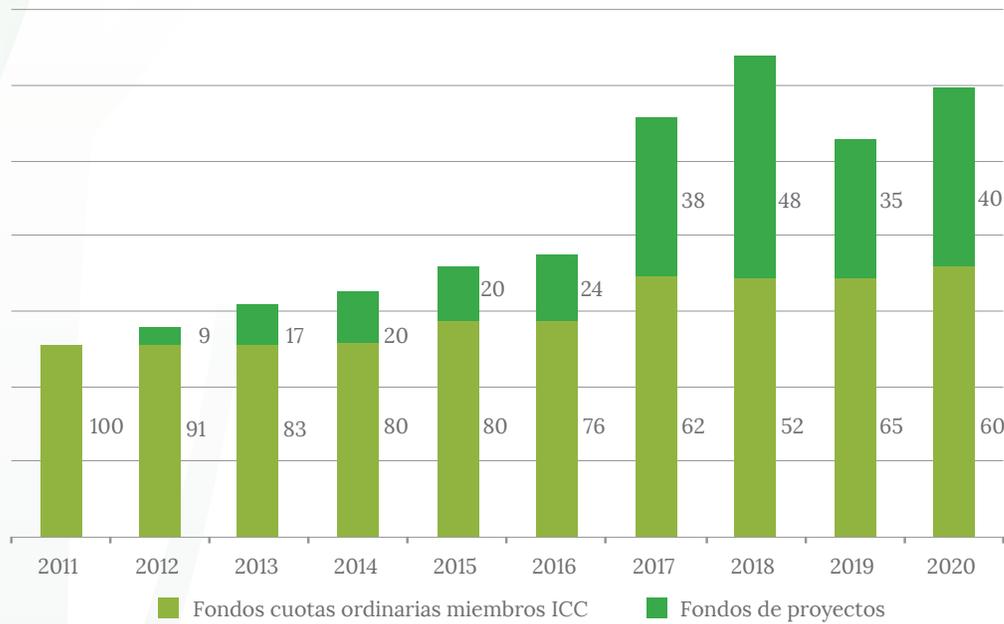


Figura 83. Porcentaje de fondos provenientes de cuotas anuales de miembros del ICC y de proyectos y su tendencia de aumento.



Proyectos

Cuadro 8. Proyectos ejecutados por el ICC del 2012 al 2020

No.	Nombre Proyecto	Fuente de Financiamiento	Período de ejecución
1	Estudio sobre Adaptación al Cambio Climático para programas USAID/Guatemala	USAID/Guatemala	2012
2	Adaptación al cambio climático en los cultivos de maíz y frijol	Programa Desarrollo Resiliente al Cambio Climático-CCRD de USAID	2012-2013
3	Enriquecimiento y monitoreo del Bosque Manglar, Suchitepéquez	Ingenio Palo Gordo	2013-2017
4	Adaptación al cambio climático mediante el fortalecimiento de los medios de vida asociados a ecosistemas de manglar y bosque nuboso en la vertiente del Pacífico de Guatemala	REGATTA del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)	2014-2015
5	Análisis de la plataforma Global Forest Watch y sus capacidades para el manejo forestal en Guatemala	World Resources Institute (WRI)	2014-2015
6	Diplomado en Manejo Integrado de Cuencas dirigido a líderes comunitarios	Fondo de Becas de la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA)	2014-2015
7	Evaluación de la resiliencia comunitaria ante inundaciones y sequías en la cuenca baja del río Coyolate	Instituto Inter Americano de Investigación sobre Cambio Global (IAI)	2014-2016
8	Estrategia de Desarrollo con bajas Emisiones para Guatemala	USAID, liderado por IRG-Engility (hasta 2017) y por RTI (2017-2019)	2014-2019
9	Agua potable para comunidades rurales y escuelas basada en el almacenamiento del agua de lluvia. Un aporte del parque tecnológico de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	MULTICYT-SENACYT	2015-2016
10	Línea base de flora y fauna en los bosques de ribera de los ríos Acomé y Coyolate	Ingenios Pantaleón y Magdalena	2015
11	Modelo para la restauración productiva de bosques riparios en las cuencas hidrográficas de los ríos Coyolate y Acomé de la vertiente del Pacífico de Guatemala	UICN	2015
12	Elaboración del Estudio Técnico, Iniciativa de Ley, Ficha Informativa RAMSAR y Plan Maestro del área de conservación marino costera Sipacate-Naranjo	GEF-PNUD	2016-2018
13	Economía de la Restauración de Bosques de Ribera	World Resources Institute (WRI)	2016
14	Alianzas Público-Privadas para Gestionar el Riesgo a Desastres en Guatemala	Comisión Europea (programa ECHO), liderado por Acción contra el Hambre	2016-2017
15	Diplomado en Adaptación Comunitaria al Cambio Climático	Fondo de Becas de la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA)	2016-2017
16	Sistema de información de los ríos de la costa sur para su uso racional	Empresas de sectores bananero, azucarero y palmero	2016-2020

Continúa...

No.	Nombre Proyecto	Fuente de Financiamiento	Período de ejecución
17	Plan de Conservación del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala	The Nature Conservancy y FUNCAGUA	2016-2018
18	Estimación de los beneficios económicos, sociales y ambientales de la restauración de los bosques de galería de los ríos Coyolate y Acomé en la región del Pacífico de Guatemala	World Resources Institute (WRI)	2017
19	Mejorar la resiliencia en Centroamérica en apoyo a la implementación del marco de acción de Sendai 2015-2030 (Alianzas público-privado)	Comisión Europea (programa ECHO), liderado por Acción contra el Hambre	2017-2018
20	Creación de una red para fomentar e impulsar las actividades de restauración forestal en la costa sur de Guatemala	World Resources Institute (WRI)	2017
21	Manejo administrativo-financiero de la FUNCAGUA	The Nature Conservancy y FUNCAGUA	2017-2018
22	Restauración forestal de las cuencas de los ríos Sis-Icán y Villalobos	cbc (Pepsi y marcas relacionadas)	2017-2019
23	Evaluación de cumplimiento de las normativas ambientales del Azúcar de Guatemala, zafras 2017-18, 2018-2019 y 2019-2020	ASAZGUA	2018-2020
24	Asesoría en Gestión Integrada de Residuos y Desechos Sólidos	AGEXPORT y Cámara de Industria	2018
25	Estudios de biodiversidad en las cuencas en donde opera el Ingenio Pantaleón	Ingenio Pantaleón	2018-2019
26	Uso de sensores y servicio de monitoreo para el incremento del control de agua en la cuenca del río Achiguate	Fundación Research	2018-2019
27	Estudios de biodiversidad en finca Monte Alegre	Ingenio La Unión	2018
28	Preparación y respuesta a través de la iniciativa privada, alianzas e innovación en Centroamérica	Comisión Europea (programa ECHO), liderado por Acción contra el Hambre	2019-2020
29	Evaluación rápida de la Restauración del Paisaje Forestal	Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO)	2019
30	Rehabilitación del sistema municipal de agua de Siquinalá basado en cosecha de agua de lluvia	Visión Mundial	2019-2020
31	Implementación de medidas de adaptación a la variabilidad y el cambio climático para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional y la reducción de la desnutrición infantil en comunidades y municipios del departamento de Sololá, Guatemala	Programa ARAUCLIMA de la Cooperación Española (AECID)	2020-2022
32	Resiliencia climática en las cuencas de los ríos Teculután, Pasabién y Madre Vieja	World Wildlife Fund (WWF)	2020
33	Modelación hidráulica y estudio de sedimentos en el río Ocosito y Manchón Guamuchal	Proyecto de Biodiversidad de USAID Guatemala (administrado por Chemonics Int. Inc.)	2020

Cuadro 9. Espacios institucionales donde participa el ICC a nivel nacional e internacional

Institución / Organización	Periodo de vigencia
Comité Técnico del Bonn Challenge (internacional)	Desde 2016
Comité Voluntario Regional de Evaluación -CVRE- del Sub programa de Pequeñas Donaciones del FCA	Desde 2016
Mesa de Restauración del Paisaje Forestal	Desde 2015
Mesa del clima	Desde 2014
Mesa Nacional de Diálogo en Gestión para la Reducción de Riesgo a los Desastres	Desde 2015
Mesa Nacional de Manglares	Desde 2018
Red de formación e investigación ambiental (REDFIA)	Desde 2013
Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (teniendo la secretaría técnica de 2019 a 2021).	Desde 2014
Alianza para el Desarrollo Sostenible y la Integridad de los Recursos Naturales de la Costa Sur	Desde 2018
Mesas técnicas de los ríos Madre Vieja, Achiguate, Ocosito y Los Esclavos	Desde 2016
Mesa Interinstitucional de Conservación de Suelos	Desde 2017
Comisión de Ambiente del CACIF (COMACIF)	2016 a 2018
Comisión de Ciencias de la Tierra, Océano y Espacio - COCITOE	Desde 2015
Comité Organizador de Hidroindustria Agexport	2015
Coordinadora del Corredor Biológico, Cultural y de Desarrollo Sostenible Zunil -Atitlán-Balam Juyú	2015
Asociación Mundial del Agua / Global Water Partnership (GWP)	2020



Convenios

Cuadro 10. Convenios con otras Instituciones/Organizaciones

No.	Organización	Abreviatura	Periodo de vigencia
1	Fundación Acción Contra el Hambre	ACH	2011-2012
2	Centro Universitario de Sur Occidente	CUNSUROC-USAC	2012-2015
3	Universidad de Santiago de Compostela	Universidad de Compostela	2014-2017
4	Consejo Nacional de Áreas Protegidas	CONAP	2014-2018
5	Instituto Nacional de Bosques	INAB	2016-2020
6	Compañía Azucarera Salvadoreña	CASSA	2017-2020
7	Fundación Defensores de la Naturaleza, Rainforest Alliance, Universidad del Valle de Guatemala	FDN-RA-UVG	2018-2022
8	Embotelladora La Mariposa	cbc	2018-2019
9	Asociación de Investigación y Estudios Sociales	ASIES	2018-2019
10	Fondo de Agua para la Región Metropolitana de Guatemala	FUNCAGUA	2018-2020
11	Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal	IUFRO	2019
12	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación-Instituto Geográfico Nacional	MAGA-IGN	2019-2023
13	Universidad de Tennessee	Universidad de Tennessee	2019-2024
14	Proyecto “Promoviendo territorios resilientes en paisajes de la Cadenada Volcánica Central de Guatemala”	Proyecto Volcanes-PNUD	2019-2025
15	Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología	INSIVUMEH	2019, por tiempo indefinido



Socios del ICC 2011-2020

ASOBORDAS ASIES AGRECA **ACCIÓN CONTRA EL HAMBRE** -ACR- **MARN** ONU-SPIDER
ASOCIACIÓN CENTRO CÍVITAS ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ -ANACAFÉ- **-ADRI-** **CONAP** -IAI- **RTI**
CATIE CENTRO EDUCATIVO INGENIO LA UNIÓN UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA **CEDIG**
 ASOCIACIÓN GUATEMALTECA DE EXPORTADORES -AGEXPORT- **CENGICAÑA** -USGS- **CONRED** MAGA
CENTRO EDUCATIVO INGENIO MADRE TIERRA ASOCIACIÓN CENTRO CÍVITAS **CEPREDENAC** HIDROCIENDA S.A.
COMUNIDAD DE TZAMJUYUB, NAHUALÁ, SOLOLÁ GLOBAL ADAPTATION PARTNERSHIP
CENTRO EDUCATIVO INGENIO PALO GORDO ASOCIACIONES DEL SUR -ASUR- **CUNSUROC** -FCA- **-RFCS-**
 CÁMARA DEL AGRO **COMUNIDAD INDÍGENA DE PALÍN** CENTRO DE ESTUDIOS CONSERVACIONISTAS -CECON- **UICN**
DIRECCIÓN DEPARTAMENTAL DE EDUCACIÓN DE RETALHULEU **FUNDAZÚCAR** SEGEPLAN
 COLEGIO EINSTEIN, SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ **ECOCLUB EINSTEIN SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ** -MNRPF-
DIRECCIÓN DEPARTAMENTAL DE EDUCACIÓN DE SANTA ROSA **FAUSAC** GREEN DEVELOPMENT
 FINCA SAN JUAN LA SELVA **DIRECCIÓN DEPARTAMENTAL DE EDUCACIÓN DE SUCHITEPEQUEZ** SENACYT
FUNDACIÓN MADRE TIERRA -FONTIERRAS- FUNDACIÓN DEFENSORES DE LA NATURALEZA **-WRI-**
 -COMRED- DE ANTIGUA GUATEMALA **GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL DE ESCUINTLA** ECODIQUES **WWF**
HACIENDA LA ESPERANZA UNIVERSIDAD DE EDIMBURGO, ESCOCIA **INAB** UNIVERSIDAD DE ARIZONA
 FUNDACIÓN RESEARCH **UNIVERSIDAD MARIANO GÁLVEZ, GUATEMALA** GRUPO PUERTO LIMPIO Y SEGURO
 ICTA **FUNDACIÓN UVG** **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA** -SCNSR-
 MESA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO -MNCC- **INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL** FINCA MANGLARES **MASUR**
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA **INSIVUMEH** IRI, UNIVERSIDAD COLUMBIA
 EMPRESA ORTIZ **INSTITUTO UNESCO-IHE** FINCA EL BRINCO **MAMCOSUR** FUNCAGUA **PNUD GUATEMALA**
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE COMPOSTELA, ESPAÑA GIZ COSTA RICA **RESERVAS MILITARES**
THE NATURE CONSERVANCY GRUPO HA'DE MÉXICO **UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR, GUATEMALA**
 UNIRIOS **UNIVERSIDAD GALILEO, GUATEMALA** GRUPO LAERA, COLOMBIA **USAID-GUATEMALA**
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE DRESDE, ALEMANIA **VISIÓN MUNDIAL GUATEMALA** INSTITUTO GEOFÍSICO DEL ECUADOR
SISTEMA GUATEMALTECO DE CIENCIAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO -BANTRAB-
 TROCAIRE HONDURAS RAINFOREST ALLIANCE UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ COLOMBIA
 GRUPO GESTOR DE MAZATENANGO **INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, UNIVERSIDAD DE LISBOA, PORTUGAL**
 UNIVERSIDAD DE TUCUMÁN, ARGENTINA MINISTERIO DE LA DEFENSA NACIONAL UNIVERSIDAD DE BRISTOL, INGLATERRA
 UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA UNIVERSIDAD DE GRANADA UNIVERSIDAD DE TENNESSEE IRG - ENGLITY
REDFIA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, BOLIVIA **CENTRARSE** COOPERATIVA NAHUALÁ



Municipalidades con las que hemos trabajado en conjunto uno o más años

Acatenango, Chimaltenango
 Yepocapa, Chimaltenango
 Tecpán, Chimaltenango
 San Juan Comalapa, Chimaltenango
 Zaragoza, Chimaltenango
 Patzicía, Chimaltenango
 Patzún, Chimaltenango
 Sumpango, Chimaltenango
 San Andrés Iztapa, Chimaltenango
 El Tejar, Chimaltenango
 Parramos, Chimaltenango
 Pochuta, Chimaltenango
 Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla
 La Democracia, Escuintla
 La Gomera, Escuintla
 Puerto de San José, Escuintla
 Siquinalá, Escuintla
 Masagua, Escuintla
 Escuintla, Escuintla
 San Vicente Pacaya, Escuintla
 Tiquisate, Escuintla
 Nueva Concepción, Escuintla
 Iztapa, Escuintla
 Sipacate, Escuintla
 Guanagazapa, Escuintla
 Palín, Escuintla
 Villa Canales, Guatemala
 Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango
 Mataquescuintla, Jalapa
 Pasaco, Jutiapa
 Moyuta, Jutiapa
 Coatepeque, Quetzaltenango
 Génova Costa Cuca, Quetzaltenango
 El Nuevo Palmar, Quetzaltenango
 Pachalum, Quiché
 Champerico, Retalhuleu
 Nuevo San Carlos, Retalhuleu
 Retalhuleu, Retalhuleu
 San Sebastián, Retalhuleu
 San Felipe, Retalhuleu
 San Andrés Villa Seca, Retalhuleu
 El Asintal, Retalhuleu
 Caballo Blanco, Retalhuleu
 Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez
 Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez
 Antigua Guatemala
 Pastores, Sacatepéquez
 San Lucas, Sacatepéquez
 Alotenango, Sacatepéquez
 La Blanca, San Marcos
 San Pablo, San Marcos
 Malacatán, San Marcos
 Ocos, San Marcos
 Chiquimulilla, Santa Rosa
 Casillas, Santa Rosa
 Santa Rosa de Lima, Santa Rosa
 Nueva Santa Rosa, Santa Rosa
 Taxisco, Santa Rosa
 Nahualá, Sololá
 Samayac, Suchitepéquez
 Mazatenango, Suchitepéquez
 Chicacao, Suchitepéquez
 Pueblo Nuevo, Suchitepéquez
 San José La Máquina, Suchitepéquez
 San José El Ídolo, Suchitepéquez
 Santo Domingo, Suchitepéquez
 San Lorenzo, Suchitepéquez
 San Antonio, Suchitepéquez
 Santa Bárbara, Suchitepéquez
 San Miguel Panán, Suchitepéquez
 San Bernardino, Suchitepéquez
 Patulul, Suchitepéquez
 San Gabriel, Suchitepéquez
 San Juan Bautista, Suchitepéquez
 San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez
 San Pablo Jocopilas, Suchitepéquez
 Santo Tomás la Unión, Suchitepéquez



Finca Camantulul, km. 92.5
Edificio 2, CENGICAÑA
Santa Lucía Cotzumalguapa,
Escuintla, Guatemala
Tel. (502)7828 – 1000 ext. 133-137, 148

5ª. Avenida 5 -55 zona 14,
Europlaza, Torre 3, Nivel 17,
Ciudad de Guatemala, Guatemala
Tel. (502) 22158047

2da avenida 8-51 zona 1
Local #16 interior C.C. Santa Clara
Mazatenango, Suchitepéquez, Guatemala

89 Avenida Norte No. 350, Colonia Escalón,
San Salvador, El Salvador

info@icc.org.gt
www.icc.org.gt
www.icc.org.sv

- Oficinas del ICC
- Áreas de acción del ICC



Diferendo Territorial,
Insular y marítimo
pendiente de resolver



Guatemala | El Salvador
 Centroamérica
www.icc.org.gt - www.icc.org.sv

