

Gestión de riesgo de inundaciones en el río Coyolate: ejemplo de adaptación al cambio climático en Guatemala

revistayuam.com/volumen-2/numero-3/articulos-cientificos/gestion-de-riesgo-de-inundaciones-en-el-rio-coyolate-ejemplo-de-adaptacion-al-cambio-climatico-en-guatemala/

September 1, 2017

 Acceso Libre |  Artículo Revisado por Pares

Alex Guerra¹, Marie Andrée Liere², Pablo Yax³, German Alfaro⁴, Sergio Gil⁵, Luis Blacutt⁶

¹aguerra@icc.org.gt Director General, Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)

² Investigadora en Manejo Integrado de Cuencas, Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)

³ Coordinador del Programa de Desarrollo de Capacidades y Divulgación, Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)

⁴ Coordinador del Programa Gestión de Riesgos, Instituto Privado de Investigación sobre Cambio

⁵, Investigador Asociado, Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)

⁶ Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia

*Foto: ICC 2017

Cita: Guerra, A., M.A. Liere, Yax, P., G. Alfaro, Gil, S., L. Blacutt. (2017). Gestión de riesgo de inundaciones en el río Coyolate: ejemplo de adaptación al cambio climático en Guatemala. *Revista Yu'am* 2(3): 27-37 pp.

Recibido: 16/6/2017

Aceptado: 9/8/2017

Publicado: 1/9/2017

Resumen

Las inundaciones son los fenómenos relacionados al clima que más daños y pérdidas han causado tanto a escala mundial como en Guatemala. Su ocurrencia e impactos dependen de factores naturales y humanos, y el cambio climático podría influir en que el riesgo futuro sea mayor. Por lo tanto, la adaptación al cambio climático debe priorizar a la gestión de riesgo por inundaciones. La parte baja de la cuenca del río Coyolate, en el sur de Guatemala, ha sufrido impactos por estos fenómenos en las últimas décadas. El artículo presenta una breve caracterización biofísica que incluye una descripción de cómo los factores naturales y humanos cambiaron la dinámica de las inundaciones. Se exponen las acciones que han sido implementadas y que han contribuido a reducir dichos impactos en los últimos años en un tramo significativo del río. Entre estas acciones se resaltan la planificación integral y ejecución de las obras de mitigación de inundaciones y la participación activa y coordinación del gobierno central con el gobierno municipal, las comunidades locales y las empresas que operan en el área. Esta articulación de actores es uno de los procesos más importantes en la dinámica social de la gestión de riesgos. La información y datos provienen de diversos estudios desarrollados por los autores en los últimos cinco años, así como de entrevistas semi-estructuradas con actores claves y algunas fuentes secundarias. El caso presenta lecciones para su potencial aplicación en otras cuencas de la región mesoamericana que puede contribuir a la adaptación al cambio climático.

Palabras clave: adaptación al cambio climático, gestión de riesgos, inundaciones, modelación hidráulica, río Coyolate.

Introducción

Las inundaciones son los fenómenos que han afectado a más personas y causado las mayores pérdidas económicas a nivel mundial (Wisner *et al.*, 2004). Según la base de datos EM-DAT[1] (2017) las inundaciones han sido el fenómeno natural que más desastres ha causado (4,756 eventos) y que ha afectado a más personas (3,650,426,316) en el período 1900 a 2017 a nivel mundial. En el caso de Guatemala, la misma base de datos muestra que las inundaciones han representado los desastres más numerosos (25) y los que más vidas humanas han cobrado (40,916) en el mismo período. De hecho, el desastre más mortal en el país lo ocasionaron las inundaciones relacionadas a un huracán en 1949, que cobró alrededor de 40,000 vidas (EM-DAT, 2017). En las últimas décadas, éstas han afectado extensiones considerables en Europa, Norteamérica, Asia, Australia y África y se ha observado un aumento en su intensidad y frecuencia (Wisner *et al.*, 2004; Simonovic, 2012).

El cambio climático probablemente provocará cambios en el ciclo del agua, lo cual incluye cambios en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos como las inundaciones en la mayoría de regiones (Mujumdar, Nagesh Kumar & UNESCO, 2012; Organización Meteorológica Mundial, 2009). Estos cambios, especialmente a escala regional, se derivan de los tres factores más importantes del cambio climático, a saber: aumento en la temperatura media global, aumento en el nivel del mar y el cambio en los patrones de lluvia (Ibid). La adaptación al cambio climático, por lo tanto, debe incluir como tema prioritario el manejo de las inundaciones (Organización Meteorológica Mundial, 2009).

Simonovic (2012) aboga por la Gestión de Riesgo de Inundaciones, la cual busca reducir la probabilidad y/o el impacto de las mismas. Según este autor, el enfoque más efectivo es a través del desarrollo de programas que incorporan la prevención, la preparación, respuesta ante emergencias y la recuperación a las condiciones normales (Ibid:16). Otro enfoque es el presentado por la Organización Meteorológica Mundial (2009) llamado Gestión Integrada de Crecidas y que consiste en el proceso de desarrollo de los recursos de la tierra y los recursos hídricos en una cuenca fluvial con el objetivo de maximizar los beneficios netos del uso de las llanuras inundables y minimizar las pérdidas de vidas causadas por las inundaciones. Ambos enfoques son compatibles con la definición de adaptación al cambio climático: “el proceso de hacer ajustes en los sistemas humanos y naturales en respuesta a cambios esperados u observados en el clima y sus efectos para evitar o disminuir el impacto adverso de dichos cambios, o bien para aprovechar nuevas oportunidades” (IPCC, 2014; Adger, Anell & Tompkins, 2005).

El objetivo de este trabajo es presentar el caso de la gestión de riesgo de inundaciones, enfatizando en la organización comunitaria, las alianzas público-privadas y la integración de estos sectores, que dieron lugar a la implementación de las medidas estructurales adecuadas en la parte baja de la cuenca del río Cuyolote y las lecciones para la adaptación al cambio climático que pueden extraerse. En los antecedentes se proporciona información sobre la cuenca y la dinámica de las inundaciones con base en un análisis basado en el sistema socio-ecológico, que toma en cuenta aspectos físicos y sociales, así como su evolución en las últimas décadas. Por ende, la metodología muestra una combinación de técnicas de ciencias naturales como de ciencias sociales. Entre las primeras se incluye la modelación hidrológica e hidráulica del río y la definición de zonas inundadas en distintos eventos con base en imágenes de satélite. Entre las técnicas de ciencias sociales están las entrevistas y grupos focales con actores locales, especialmente aquellos que estuvieron participando activamente en el proceso de gestión de riesgo de las inundaciones.

Los resultados y discusión se centran primero en la magnitud de las inundaciones en sus dimensiones espaciales y temporales. Luego, en el proceso de gestión de riesgo de las inundaciones, poniendo especial atención a las motivaciones, los actores involucrados y su interrelación, las acciones implementadas y los resultados alcanzados. En la parte final se comparten conclusiones y las lecciones aprendidas, las cuales debieran tomarse en cuenta para continuar el proceso en la misma cuenca y su posible adopción para otras cuencas con condiciones similares tanto en Guatemala como en la región mesoamericana.

Descripción del área de estudio y antecedentes

La cuenca del río Cuyolote (Figura 1) es una de las 18 cuencas de la vertiente del Pacífico de Guatemala. El área de captación tiene una extensión de 1,792.1 km², representando el 1.65 % de la superficie del país y su cauce principal tiene una longitud de 142 km (Medina, 2010). Dentro de esta cuenca se localizan 15 municipios de cuatro

departamentos (INE citado en MARN, 2011). Los usos principales del suelo dentro de la cuenca son agricultura (81.9%), bosque natural (9.5%), arbustos-matorrales (3.8%) humedal y zonas inundables (1.9 %)” (Medina, 2010, p.12).



Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca del río Coyolate (Fuente: ICC 2017)

La cuenca posee un gradiente altitudinal marcado que es uno de los factores que inciden en las inundaciones de la parte baja de la cuenca. La altitud de la cuenca va desde los 0 hasta los 3955 msnm cubriendo regiones del altiplano, la boca costa, la llanura costera y la costa del Pacífico (Medina, 2010). Ese cambio altitudinal se presenta en los 142 km de longitud de la cuenca, lo cual resulta en predominio de pendientes altas que también implican que el agua superficial, especialmente a través de los ríos, se transporta a una velocidad alta hacia la parte baja.

La presencia de volcanes dentro de la cuenca determina parte de la naturaleza de las inundaciones. En la cuenca existen dos conos volcánicos, Acatenango y Fuego. Los materiales arrojados y depositados por la actividad volcánica comprenden depósitos de arenas, tobas, cenizas, lahares y sedimentos piroclásticos en general, que conforman una extensa planicie al pie de los volcanes como resultado de los procesos de erosión, transporte y sedimentación. Los materiales que conforman la llanura se encuentran poco consolidados y presentan permeabilidades elevadas (CIV citado en ICC, 2013). El transporte de sedimentos producto de las erupciones ocasiona el azolvamiento en el lecho del río en la parte baja y aumenta su probabilidad de ocurrencia puesto que reduce la capacidad de retención de agua de los cauces.

La red de ríos de la cuenca del Coyolate es de orden 6, lo que indica que es altamente ramificada. La mayor parte de ramificaciones de orden 1 (un total de 873 corrientes) se localizan en la parte media-alta y alta de la cuenca. A partir del piedemonte del volcán de Fuego y Acatenango, inician las corrientes de orden 2. Las corrientes de orden 6 inician a la altura del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa (Santos, 2010), a unos 400 msnm. La naturaleza ramificada de la cuenca también contribuye a que el transporte de agua (y sedimentos) durante una crecida ocurra de manera acelerada hacia la parte baja, aumentando la susceptibilidad de inundaciones.

Debido a la magnitud[2] de los episodios de inundación, los ríos del sur de Guatemala han experimentado una serie de cambios tanto en su morfología como en el comportamiento hidráulico (CIV, en ICC 2013). En el río Coyolate estos cambios se han producido como resultado de cambios en los patrones climáticos, erosión de los suelos, la falta de una cobertura vegetal apropiada, los continuos aportes de sedimento volcánico y las modificaciones en el lecho del río por la actividad humana (CIV en ICC, 2013).

Las inundaciones han sido eventos frecuentes en la parte baja de la cuenca del río Coyolate. Aunque las mayores han acontecido en los años 1949, 1969, 1998, 2005, 2010 y 2011 asociadas a eventos extremos de lluvia (ICC *et al.*, 2016), algunos lugares se han inundado cada uno o dos años. ICC *et al.* (2016) documentaron que el establecimiento significativo de cultivos y poblados inició luego de 1940 con lo cual las inundaciones, que probablemente ocurrían antes también, empezaron a constituir un peligro por los impactos sobre los sistemas productivos y la población de la zona. En el Cuadro 1, se presentan los impactos ocasionados por los efectos de los eventos meteorológicos en los últimos 20 años, tanto a nivel nacional como para el área de Escuintla.

Cuadro 1. Eventos hidrometeorológicos extremos en Guatemala y sus impactos

Año	Nombre del evento hidrometeorológico	Impactos económicos, físicos y sociales
-----	--------------------------------------	---

1998 Huracán Mitch	<p>República de Guatemala: 750,00 personas afectadas</p> <p>106,000 personas evacuadas</p> <p>268 muertes</p> <p>60,000 viviendas destruidas</p> <p>3,244 millones de quetzales en pérdidas en agricultura.</p> <p>Departamento de Escuintla:</p> <p>2,000 y 2,800 hectáreas de maíz y ajonjolí afectadas, respectivamente.</p> <p>Escuintla fue uno de los departamentos con mayor número de personas en albergues. Se dañaron 26 centros educativos.</p>
2005 Tormenta Stan	<p>República de Guatemala: 3,500,00 personas afectadas</p> <p>669 personas fallecidas</p> <p>5,475 viviendas destruidas</p> <p>Departamento de Escuintla:</p> <p>En el cultivo de maíz se tuvo pérdidas por Q885,435 y en el cultivo de frijol fue de Q 3,155,094</p>
2010 Tormenta Agatha	<p>República de Guatemala: (datos que incluyen efecto de la erupción del volcán de Pacaya) 338, 343 personas afectadas</p> <p>16,079 viviendas afectadas</p> <p>Q 326 millones por daños en la agricultura</p> <p>Departamento de Escuintla:</p> <p>4,082 viviendas afectadas</p>
2011 Depresión tropical 12E	<p>República de Guatemala: 254,903 personas afectadas</p> <p>36 personas fallecidas</p> <p>8,104 viviendas afectadas</p> <p>Q620.4 millones por daños en agricultura</p> <p>Departamento de Escuintla:</p> <p>2,340 viviendas afectadas</p>

Elaboración con base en: CEPAL (1999, p.13, 23, 39); CEPAL y SEGEPLAN (2005, p. 12, 14, 23); MAGA 2005; Gobierno de Guatemala (2010, p. 10, 37, 51); Gobierno de Guatemala, CEPAL y Banco Mundial (2011, p. 6, 13, 23)

A raíz de estos recurrentes eventos y en la búsqueda de soluciones a las amenazas en las comunidades adyacentes al río, el 10 de agosto de 2008 se conforma ASOBORDAS, la Asociación de Agricultores y Protectores de las bordas de los ríos de Nueva Concepción (particularmente el río Coyolate). Esta es una asociación de habitantes de este municipio que busca transparencia para la ejecución de obras de mitigación contra inundaciones a causa del río Coyolate (N. Yanes, comunicación personal, mayo 2017).

Métodología

Para documentar y analizar el caso en que se enfoca este artículo se utilizó una combinación de técnicas de ciencias naturales y de ciencias sociales. Varios de los datos e información se generaron en distintos estudios

desarrollados desde 2011 como parte de los programas de investigación del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC). Las preguntas que sirvieron de referencia para la búsqueda y generación de datos son: 1) ¿Qué tan significativas son las inundaciones en la cuenca del río Coyolate?, 2) ¿Qué factores intervienen en la ocurrencia de las inundaciones?, 3) ¿Qué acciones de gestión de riesgo se han tomado en la parte baja de la cuenca?, 4) ¿Por qué se perciben como exitosas las acciones puestas en práctica?, 5) ¿Qué factores han incidido en el éxito de las acciones de gestión de riesgo?

El desarrollo de mapas de zonas susceptibles a inundación se basó en un estudio hidrológico (ICC, 2011) y modelación hidráulica (ICC, 2013), que fueron validados con conocimiento de actores locales, principalmente comunitarios y técnicos de las empresas que operan en la zona. En el caso de los mapas de inundación en eventos extremos, se utilizaron imágenes de satélite de días después de cada evento, que fueron procesadas con sistemas de información geográfica para zonificar las áreas afectadas de acuerdo al estudio de Yax et al. (2016c). Entre otros mapas de inundación que abarcan el territorio de la cuenca del río Coyolate están el mapa de Amenazas por Inundaciones de CONRED (2015) y el mapa de Amenaza de Inundaciones del MAGA (2006). Aunque en general coinciden espacialmente, la metodología empleada por ICC (2011) es más precisa y permite un mayor detalle, con la fortaleza de incluir la validación con el conocimiento de los pobladores locales.

Entre las técnicas de ciencias sociales están las entrevistas y grupos focales con actores locales, especialmente aquellos que estuvieron participando activamente en el proceso de gestión de riesgo de las inundaciones. En el caso de los datos históricos, se dio especial atención a informantes de la tercera edad de ocho comunidades de la Nueva Concepción, en la parte baja (Yax et al., 2016a). La información fue complementada con insumos de fuentes secundarias, especialmente documentos de instituciones de gobierno.

Se generó información con entrevistas que se efectuaron a actores clave sobre las acciones de gestión de riesgo. Se hizo una entrevista semi-estructurada al presidente y a la tesorera de ASOBORDAS en 2017. Asimismo, se entrevistó a uno de los dos gerentes agrícolas de los ingenios azucareros que participaron activamente en el proceso. A través de estos informantes se recabó información sobre el proceso, los elementos que favorecieron los avances y los resultados o evidencia de éxito de las acciones.

Resultados y discusión

Historia de las inundaciones y sus impactos en la parte baja

Las características morfométricas de la parte baja de la cuenca del río Coyolate, especialmente la densidad de drenaje, la altitud, la pendiente del terreno (planicies) y el perfil longitudinal del cauce, son condiciones que definen su susceptibilidad a inundaciones. ICC (2011, p.20) indicó que “el perfil longitudinal del cauce determina en gran medida la velocidad de evacuación de caudal, así como el arrastre y la deposición de sedimentos”. Aunado a lo anterior, las precipitaciones intensas, la historia y la recurrencia de los episodios de inundación (detonado por eventos hidrometeorológicos extremos) en territorio del Coyolate definen una zona en particular inundable. Esta zona inundable es a partir de la cota de los cero metros hasta los 100 msnm. En dicha zona se ubican los territorios de los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, Nueva Concepción, La Gomera y Sipacate, todos del departamento de Escuintla.

Existe poca información sistematizada sobre los eventos de inundación en la parte baja del Coyolate antes de los años cuarenta. Con base en la fotointerpretación de imágenes satelitales de los años setenta, aunado a la presencia de vetas arenosas, han permitido observar vestigios de una red de drenaje antiguo, que son indicios claros de inundaciones en el pasado. En el año 1949 ocurrió un evento de inundación que fue provocado por el huracán 11, que afectó un área mucho mayor que el huracán Mitch (1998) y tormenta Stan (2005) (Yax et al. 2016c, p.2). Como se mencionó al inicio, se estima que dicho evento ocasionó alrededor de 40,000 muertes en todo el país.

En las últimas décadas han ocurrido cuatro eventos extremos de inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Coyolate. CEPAL (1999) informó que el huracán Mitch fue uno de los fenómenos hidrometeorológicos más violentos que hayan sucedido en el territorio Centroamericano en el siglo pasado. Las intensas lluvias, acompañadas de los

vientos (en algunos lugares), ocasionaron derrumbes, inundaciones, desbordamientos de ríos y fuertes corrientes superficiales. Las tormentas Stan y Agatha detonaron fuertes lluvias y consecuentemente crecidas y desbordamiento del río Coyolate en el año 2005 y 2010, respectivamente. El Gobierno de Guatemala, CEPAL y Banco Mundial (2011, p.6) informaron que las lluvias provocadas por la presencia de la depresión tropical 12E (año 2011) generó impactos negativos en el departamento de Escuintla (Santa Lucía Cotzumalguapa, La Gomera y Nueva Concepción).

ICC (2013) determinó varias zonas susceptibles a inundación en los 35 kilómetros finales del río Coyolate para eventos de inundación de diferente magnitud. Los 19 kilómetros finales se determinaron por medio de modelos hidráulicos y el resto mediante campañas de campo y topografía. En la Figura 2 se observan las zonas susceptibles a inundación en función de períodos de retorno de 2, 10 y 30 años. Dicho mapa muestra las zonas susceptibles a partir de 2010 pues ya se tomaron en cuenta las acciones de mitigación que se describen más adelante.



Figura 2. Zonas susceptibles a inundación en la parte baja de la cuenca del río Coyolate.

Fuente: ICC (2013).

Se han estimado las extensiones afectadas por inundaciones en dos de los eventos extremos recientes. Por el paso del huracán Mitch (1998) se generó una zona de inundación de 87 km² en donde se acumuló el agua desde el punto de desbordamiento, aunado a la lluvia local (Yax, et. al., 2016c). Dicho evento afectó principalmente el lado oeste del Coyolate y con algunas pequeñas áreas en el lado este. En el caso de la tormenta tropical Stan (2005), Yax et al. (2016c) indicaron que la zona afectada por acumulación de agua de las fuertes lluvias asociadas a dicho fenómeno y el desbordamiento del Coyolate fue de 220 kilómetros cuadrados.

De acuerdo con una encuesta del 2014, en ocho comunidades de Nueva Concepción, Escuintla, Yaxet al. (2016b) informan que:

Las inundaciones son la principal causa del desmejoramiento de los medios de vida en las últimas décadas. Para la agricultura y la ganadería, las inundaciones son responsables de pérdidas del 72% y 78% (...). Su responsabilidad por pérdidas es aún más importante para las actividades relacionadas con las especies menores (gallinas y cerdos) y el comercio 99% y 91%, respectivamente.

La gestión de riesgo de inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Coyolate: el caso de la organización local para la adecuada implementación de medidas estructurales

Las inundaciones son eventos que provocan la pérdida de millones de dólares y afectan directa e indirectamente a los costos de la economía de los países (Croke, Thompson & Fryirs, 2017). Sin embargo, la protección absoluta contra amenazas naturales es un reto inalcanzable debido a los altos costos requeridos y a la incertidumbre existente (Schanze, 2006). Es debido a estos que el aumento en la utilización de estructuras de mitigación ante inundaciones se vuelve tan importante. Aunque no es posible estar completamente protegido contra inundaciones, una gran parte de daños pueden ser reducidos con planes integrados de gestión de riesgo. Además, los costos de construcción no equiparan los beneficios que brinda la reducción de la amenaza y el impacto que puedan tener estos eventos (Heidari, 2009).

La Gestión de Riesgo de Desastres requiere de un trabajo en conjunto, convirtiéndose en un proceso social. El objetivo es identificar las principales amenazas, vulnerabilidades y comprender los riesgos a los que está expuesta la población, siendo una de las primeras prioridades dentro del Marco de Sendai (UNISDR, 2015). En él se expresa que al identificar y entender todas las dimensiones del riesgo, se puede realizar una gestión prospectiva para evitar la acumulación de nuevos riesgos; y correctiva, para reducir los riesgos actuales. Desde esta perspectiva, se pueden determinar las acciones que se deben desarrollar a nivel de territorio, poniendo en marcha tanto medidas correctivas como preventivas, de manera ordenada y planificada, para corregir, adaptar y mitigar los riesgos existentes (INAP, 2011). Las medidas de mitigación las define la UNISDR (2004, citado en CONRED, n.d.) como aquellas medidas estructurales y no estructurales para reducir el impacto adverso de las amenazas naturales,

aunque deben ser implementadas con anticipación al desastre. La UNISDR (2009) advierte que el impacto de las amenazas no se puede prevenir en su totalidad, pero se puede disminuir considerablemente su escala y severidad mediante diferentes estrategias.

La OEA (1991) se refiere a las medidas estructurales como todos aquellos elementos físicos o ingenieriles que se desarrollan para corregir y controlar el riesgo. Dentro de estos se enmarcan las obras para el control de inundaciones como los diques longitudinales. Estos constituyeron medidas comúnmente utilizadas de acuerdo al paradigma de gestión de riesgo hace varias décadas, en donde el Estado jugaba un papel dominante siguiendo el concepto de “protección civil”. En la actualidad existe un debate al respecto, pues hay diversos grupos (especialmente ambientalistas) que abogan por un proceso de “naturalización” de los ríos, lo cual implica aceptar que algunas áreas se inundan (Wisner *et al.*, 2004).

En la parte baja de las cuencas del sur de Guatemala, la construcción de diques longitudinales es una de las medidas más utilizadas para el control de las inundaciones. Debido a la pérdida de profundidad en el cauce del río Coyolate, especialmente después de la erupción del volcán de Fuego en 1974, este empezó a desbordarse con mayor facilidad (aunado a cambios debido a la erosión, deforestación, cambio en el uso del suelo, etc). Esto ocasionó que empezaran a construirse diques (llamados *bordas* en la región) en la ribera del río. Sin embargo, estas medidas presentaron varios problemas. En primer lugar, en algunos casos se hacían en tramos cortos del río, protegiendo propiedades individuales, lo cual podía aumentar el riesgo de desborde en el margen opuesto, o era inefectivo si el río se desbordaba aguas arriba. En segundo lugar, se han utilizado distintas modalidades de diques (ICC, 2017), siendo uno muy común la acumulación de arena y piedras en el margen del río, lo cual es absolutamente inefectivo puesto que al presentarse una crecida colapsaba la estructura con facilidad. El tercer problema es que algunos de los diques se construían en el margen del cauce menor del río[3], por lo que las crecidas, sin ser extremas, ya presentaban mayor presión sobre las estructuras y se daban no sólo el desbordamiento con facilidad sino también la destrucción de la obra. Un problema del cual derivan los demás es la falta de un plan de gestión de riesgo que abarque toda la parte baja de la cuenca, con un plan maestro de obras de mitigación y tomando en cuenta otros elementos no estructurales.

En este sentido, ASOBORDAS toma en cuenta el manejo integral del río mediante la integración de los actores involucrados e influenciados por este (N. Yanes, comunicación personal, mayo 2017). Asimismo, fue ASOBORDAS el ente que exigió a las autoridades (municipalidad – administración 2008-2011-, Ministerio de Comunicaciones y el Congreso) que se construyeran las bordas adecuadamente para que en realidad protegieran a las comunidades. Por otro lado, en el área opuesta de las comunidades, el sector privado, por sus propios medios, construía los diques para la protección de su área productiva. Ante la solicitud de ASOBORDAS pidiendo el apoyo de estos para la construcción de diques del lado opuesto, se organizó una fuerte alianza entre esta asociación y representantes de la industria privada (dos ingenios azucareros que contaban con área cultivada en la localidad).

En conjunto, estos actores trabajaron por un objetivo común: el manejo de inundaciones causadas por el río Coyolate. De esta manera buscaron el apoyo de la municipalidad de Nueva Concepción para tener incidencia en el Gobierno Central. Por medio de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial -COVIAL- y con financiamiento de las empresas se realizó el “*Estudio de hidrología, hidráulica, morfología y socavación para el diseño de las obras de control de inundaciones y estabilización de cauce del Río Coyolate entre la confluencia con el río Cristóbal y su entrega al Océano Pacífico*” (Rojas & Barrientos, 2011). Éste constituyó el instrumento para guiar las obras con enfoque territorial y técnico (N. Yanes & A. Valenzuela, comunicación personal, mayo de 2017).

Las principales conclusiones y recomendaciones del estudio llaman a la atención integral de la construcción de las obras, el manejo de las inundaciones basado en la necesidad de rescatar y recuperar los cauces mayores y las áreas marginales de los ríos (lo que permitiría devolverle la hidráulica al río). Además de esto, se recomienda el diseño óptimo para la construcción de las obras de mitigación, siendo estas las adecuadas para los márgenes del río. A raíz de esto, inició un proceso para recuperar el cauce mayor del río, pasando de tener alrededor de 60 metros de ancho (a la altura de la aldea Canoguitas, por ejemplo) a 250 m de ancho. Esto se logró en un tramo de 17 km del río y para hacerlo, las fincas privadas cedieron varias hectáreas de terreno. En el caso de que la tierra perteneciera a productores pequeños, para quienes el área a ceder podía constituir hasta la mitad de su tierra, se proporcionó una compensación económica equivalente al valor de la tierra. Este proceso lo lideró la municipalidad

con algunos fondos propios y fondos aportados por los ingenios azucareros que operan en la zona (M. Zepeda, comunicación personal, junio de 2017; N. Yanes, comunicación personal, mayo de 2017).

Uno de los motivos por los que la ejecución de esta obra resultó exitosa fue por la confianza, la cual se generó entre los actores durante el proceso. Cada uno de los involucrados hizo su aportación para el fin común. Para la elaboración del estudio antes mencionado proporcionaron fondos las empresas azucareras, quienes también habían invertido sumas considerables para la construcción de los diques del lado este del río (M. Zepeda, comunicación personal, junio de 2017). Los recursos para la construcción de los diques del lado oeste del río fueron aportados por el Ministerio de Comunicaciones. Asimismo, el empoderamiento, organización y liderazgo positivo con que contaban los miembros de ASOBORDAS permitió impulsar y fortalecer las buenas relaciones entre los distintos actores involucrados. Este tipo de organización con un enfoque ascendente (conocido en inglés como “bottom-up approach”) demuestra la importancia y la mejora en la calidad de los procesos políticos desde la organización de los actores hacia arriba (p.ej. hacia el gobierno central). En general la literatura en gestión de riesgos no presta mucha atención a este tipo de iniciativas de los actores con el enfoque que crece a la “sombra” de los procesos de toma de decisiones formales (Edelenbos *et al.*, 2017).

El éxito del caso se refleja de varias maneras. El nivel de conflicto que existía se redujo ya que los procesos se realizaron con transparencia y en conjunto, y desde la tormenta Agatha (2010), no ha habido inundaciones en la zona (los 17 km que cuentan con los diques longitudinales construidos en ambos márgenes). El éxito especialmente se evidencia al presenciar la evolución que han tenido las áreas cercanas que en su momento fueron inundadas. La oferta de trabajo ha aumentado, p.ej. una planta empacadora de banano se ha establecido en la zona la cual provee de fuentes de trabajo para los pobladores. Además el valor de la tierra ha aumentado notablemente así como la expansión de las áreas de distintos cultivos como banano, arroz, plátano (N. Yanes, comunicación personal, mayo 2017). Finalmente la percepción del riesgo de la amenaza de inundaciones en la población ha disminuido significativamente lo que reduce la aprehensión que existía con anterioridad en relación a los daños ocasionados por las inundaciones (Anilan & Yuksek, 2017) la cual es uno de los costos intangibles que son causados por estos eventos (Heidari, 2009).

Lecciones para la adaptación al cambio climático

El caso del río Coyolate en el sur de Guatemala es un referente para la correcta implementación de obras de mitigación para la prevención de inundaciones, iniciando desde el componente social donde la organización comunitaria (ASOBORDAS) se consolidó en alianza con el sector privado, como primer paso para alcanzar este objetivo e incidiendo en la ejecución de acciones implementadas por el gobierno. Además, en este proceso resultó crucial que las comunidades y el sector privado se hayan apoderado del proceso y las gestiones, permitiéndoles entender la temática y estar inmersos en los distintos procesos de gestión (tanto sociales como técnicos).

De manera técnica, los elementos críticos para el éxito fueron: 1) realizar un estudio que cubra todo el territorio a proteger (parte baja de la cuenca), 2) recuperar el cauce mayor del río y 3) diseñar y construir las obras (diques) con una base estructural sólida. Además, en la parte institucional, que fue clave para que lo técnico se ejecutara apropiadamente, estuvo el involucramiento y participación activa de la población, las empresas locales y la municipalidad, demandando acciones del gobierno central, a través del Ministerio de Comunicaciones. Hay otras acciones de gestión de riesgo en donde también ha sido clave la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)[4] y otros actores, pero no se mencionaron porque no era el enfoque definido para este artículo.

Las acciones han sido exitosas en el tramo de los 17 km en donde se avanzó con la ejecución del plan. Se ha evitado el impacto de las inundaciones que se daban cada uno o dos años pero todavía no se sabe el efecto de eventos extremos que puedan ocasionar inundaciones mayores. Es importante que continúen ejecutándose las obras en los 17 km restantes río abajo, del lado oeste, para que los beneficios alcancen a todos los poblados de la parte baja de la cuenca.

Para que la adaptación al cambio climático tenga un sentido práctico como concepto es necesario considerar las acciones para abordar cada una de las amenazas que pueden darse en el nivel local. Las inundaciones son las más significativas y, por lo tanto, la gestión de riesgo debe ser uno de los elementos de adaptación al cambio climático para el país.

Agradecimientos

Agradecemos a los participantes de las entrevistas semi-estructuradas: N. Yanes y A. Valenzuela de la Junta Directiva de ASOBORDAS así como a M. Zepeda de ingenio Madre Tierra, por el valioso aporte de su conocimiento a través de la participación en las entrevistas para dar a conocer más acerca de este caso. También se quiere resaltar la importante participación de los informantes de las ocho comunidades de Nueva Concepción durante las actividades de los grupos focales. Finalmente agradecer a los dos revisores anónimos y a L. Reyes por su contribución para mejorar este artículo.

Literatura citada

Adger, N., Arnell, N. & Tompkins, E. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* 15, 77–86.

Anilan, T., & Yuksek, O. (2017). Perception of Flood Risk and Mitigation: Survey Results from the Eastern Black Sea Basin, Turkey. *Natural Hazards Review*, 18(2). doi:doi:10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000232

Comisión Económica para América Latina y el Caribe –CEPAL- (1999). *Guatemala: Evaluación de los daños ocasionados por el huracán Mitch, 1998*. Recuperado de:
<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0136/doc0136-parte01.pdf>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, y Secretaría de Planificación y Programación de Guatemala – CEPAL – (2005). *Efectos en Guatemala de las lluvias torrenciales y la tormenta tropical Stan, octubre de 2005*. Recuperado de: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0198/doc0198.pdf>

CONRED, Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (n.d.). *Glosario*. Guatemala. Retrieved from <http://conred.gob.gt>

CONRED, Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2015). *Amenaza por Inundaciones, República de Guatemala*. Mapa a escala 1:600,000. Guatemala.

Croke, J., Thompson, C. and Fryirs, K. (2017). Prioritising the placement of riparian vegetation to reduce flood risk and end-of-catchment sediment yields: Important considerations in hydrologically-variable regions. *Journal of Environmental Management*, 190, 9-19.

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente & Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de los Estados Americanos OEA (1991). *Desastres, Planificación y Desarrollo : Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños*. Retrieved from <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea57s/oea57s.pdf>

Edelenbos, J., Van Buuren, A., Roth, D., & Winnubst, M. (2017). Stakeholder initiatives in flood risk management: exploring the role and impact of bottom-up initiatives in three 'Room for the River' projects in the Netherlands. *Journal of Environmental Planning and Management*, 60(1), 47-66. doi:10.1080/09640568.2016.1140025

EM-DAT: *The Emergency Events Database* – Université catholique de Louvain (UCL) – CRED, D. Guha-Sapir – www.emdat.be, Brussels, Belgium. Consultada el 1 de junio de 2017.

Gobierno de Guatemala (2010). *Evaluación de daños y pérdidas sectoriales y estimación de necesidades ocasionados por desastres naturales en Guatemala entre mayo septiembre de 2010*. Recuperado de:
https://www.gfdr.org/sites/default/files/Evaluacion_de_danos_y_perdidas_AGATHA_Y_PACAYA_oct_8_2010_reduced.pdf

Gobierno de Guatemala, CEPAL y Banco Mundial (2011). *Evaluación de daños y pérdidas sectoriales ocasionados por la depresión tropical 12-E, noviembre de 2011*. Recuperado de:

<https://es.scribd.com/document/100320193/CEPAL-Evaluacion-Danos-y-Perdidas-DT12E>

Heidari, A. (2009). Structural master plan of flood mitigation measures. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 9(1), 61-75.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2005). *Resumen del impacto asociado al huracán Stan en Guatemala*. Recuperado de http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/Informe_STAN.pdf

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2012). *Volcán de Fuego*. Guatemala. Recuperado de: http://www.insivumeh.gob.gt/folleto/folleto_fuego.pdf

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-. (2011). *Estudio hidrológico del río Coyolate*. Guatemala.

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-. (2013). *Estudio hidráulico del río Coyolate*. Guatemala.

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Nacional de Tucumán y Universidad Mayor de San Andrés. (2016). *Línea de tiempo del sistema socioecológico, parte baja de la cuenca del río Coyolate. Folleto de síntesis parte de la Evaluación de la resiliencia comunitaria ante eventos de inundación y sequía en la cuenca (parte baja) del río Coyolate*. Guatemala.

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-. (2017). *Guía de bioingeniería* (en edición). Programa de Gestión de Riesgo de Desastres.

INAP. (2011). *Serie de cuadernos Riesgos a Desastres*. Guatemala.

IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

Medina, C. E. (2010). *Análisis y propuestas de intervención de la cuenca del río Coyolate*. Documento digital.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2001). *Mapa fisiográfico – geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,00*. Recuperado de. http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_fisiografia_memoria_2001.pdf

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2005). *Reportes Stan22-11-2005Cultivos*.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2006). *Amenaza de Inundaciones, República de Guatemala*. Mapa escala 1:250,000.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *Cuencas hidrográficas de Guatemala*. Recuperado de http://sintet.net/index2.php?option=com_sobi2&sobi2Task=dd_download...0

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2014). *Censo La Gomera, Escuintla 2013-2014*.

Mujumdar, P.P., D. Nagesh Kumar & UNESCO. (2012). *Floods in a Changing Climate. Hydrolic Modeling*. Cambridge University Press, Cambridge.

Organización de los Estados Americanos –OEA-. (1991). *“Desastres, planificación, y desarrollo: manejo de amenazas naturales para reducir daños”*. Washington, DC.

Organización Meteorológica Mundial. (2009). *Gestión Integrada de Crecidas: documento conceptual*. OMM-No. 1047. Ginebra.

Rojas, J. y Barrientos, G. (2011). *Estudio de hidrología, hidráulica, morfología y socavación para el diseño de las obras de control de inundaciones y estabilización de cauce del Río Coyolate entre la confluencia con el río Cristóbal y su entrega al Océano Pacífico*. Unidad Ejecutora de Conservación Vial -COVIAL-, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Escuintla, Guatemala.

Santos, G. (2010). *Propuesta y validación de un método que genere modelos para establecer zonas vulnerables a desastres naturales en la cuenca del río Coyolate*. Recuperado de <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202006.56.pdf>

Sanyal, J., Carbonneau, P., & Densmore, A. (2013). Hydraulic routing of extreme floods in a large ungauged river and the estimation of associated uncertainties: a case study of the Damodar River, India. *Natural Hazards*, 66(2), 1153-1177. doi:10.1007/s11069-012-0540-7

Schanze, J (2006). Flood risk management – a basic framework. En Schanze, J., Zeman, E., & Marsalek, J. *Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures* (pp 1-20). Dordrecht: Springer, c2006.

Simonovic, S. (2012). *Floods in a Changing Climate: Risk Management*. Cambridge University Press, Cambridge.

UNIRIOS. (2012). *Evaluación del puente sobre el río Achiguate y boca barras La Barrita, La Choca y Chilate Puerto San José, Escuintla Unidad de Manejo de Ríos y Canales*. Guatemala.

UNISDR. (2009). *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas: "Terminología Sobre Reducción Del Riesgo de Desastres"*. Ginebra, Suiza. http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf.

UNISDR. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. *Resolución Aprobada Por La Asamblea General El 3 de Junio de 2015, 26*. Retrieved from http://www2.ohchr.org/spanish/bodies/hrcouncil/docs/gaA.RES.60.1_Sp.pdf

Wisner, B., P. Blaikie, T. Cannon, & I. Davis. (2004). *At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. 2nd Edition. New York.

Yax, P., Corrales, E., Aráoz, E. y Blacutt, L. (2016a). *Evaluación de la resiliencia comunitaria ante eventos de inundación y sequía en la cuenca (parte baja) del río Coyolate (Guatemala)*. Informe de resultados. Guatemala.

Yax, P., Corrales, E., Aráoz, E. y Blacutt, L. (2016b). *Medios de vida y su vulnerabilidad a eventos de inundación y sequía en ocho comunidades de la parte baja de la cuenca del río Coyolate*. Recuperado de: <http://icc.org.gt/wp-content/uploads/2016/07/Poster-medios-de-vida-Coyolate-2016.jpg>

Yax, P., Corrales, E., Aráoz, E., Blacutt, L. y Espinoza, F.J. (2016c). *Caracterización y análisis de las principales inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Coyolate, años 1949, 1998, y 2005*. Recuperado de <http://icc.org.gt/wp-content/uploads/2016/07/Poster-inundaciones-Coyolate-2016-.jpg>

[1] El cauce menor del río hace referencia al espacio que ocupa el río cuando tiene un caudal bajo, especialmente en la época de estiaje. [2] CONRED tiene instalados sistemas de alerta temprana (SAT) en puntos estratégicos del río Coyolate, sin embargo estos no se discuten en este artículo puesto que se han estudiado más a detalle en otro artículo que será publicado próximamente. [3] La magnitud de los eventos de inundaciones se pueden medir según su caudal (la cantidad de agua por unidad de tiempo), la superficie inundada, la duración y el daño ocasionado (ambiental, humano y económico). [4] EM DAT hace referencia a la Base de Datos de Emergencia (Emergency Events Database: EM-DAT) del Centro de Investigación de la Epidemiología de Desastres (CRED por sus siglas en inglés)